المملكة العربية السعودية



مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST

البلاستيك والغذاء

د. فارس بن دباس السويلم



١٤٣٠ هـ - ٢٠٠٩ م

المملكة العربية السعودية



البلاستيك والغذاء

د. فارس بن دباس السويلم

١٤٣٠هـ - ٢٠٠٩م

ح مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية ١٤٣٠هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

السويلم ، فارس

البلاستيك والغذاء. / فارس السويلم .– الرياض ، ١٤٣٠هـ

٩٢ص ؛ ٢٤,١٧ سم

ردمك : ٩٧٨-٦٠٣-٨٩٣-٠٩٧-٧

١- صناعة التعبئة والتغليف ٢- تلوث الغذاء أ. العنوان

ديوان ٣٣٨,٤٧٦٥٨٥٦٤ ١٤٣٠/٢٣٢٥

رقم الإيداع: ١٤٣٠/٢٣٢٥

ردمك : ٩٧٨-٦٠٣-٨٩٣-٠٩٧-٧

بسم الله الرحمن الرحيم

المحتويات

الفصل الثالث

هيئات ومنظمات مراقبة تلوث الغذاء بالمواد البلاستيكية

تقديـــم

تشير كثير من الدراسات العلمية الحديثة إلى علاقة إيجابية مابين تعزيز اللغات القومية، ونضوج الوعي العلمي لدى الشعوب من جهة؛ وارتباط ذلك بالتنمية الاقتصادية و الاجتماعية من جهة أخرى.

وقد أدركت مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية منذ بداية تأسيسها مسؤوليتها نحو تعميق الثقافة العلمية لدى المجتمع وأصدرت منذ واحد وعشرين عاماً دوريتها المعنونة مجلة العلوم والتقنية الهادفة إلى نشر الوعي العلمي و المعارف العلمية لدى الناشئة وطلاب الجامعات، وأفراد المجتمع عموماً غير أن النقص الكبير للكتب الثقافية العلمية في المكتبة العربية؛ استدعى المدينة إلى تكريس أحد أوجه نشاطها لاستدراك هذا القصور ضمن برنامج إصدار سلسلة كتيبات التوعية العلمية

تهدف هذه السلسلة، والتي يُعد هذا الكتيب أحد إصداراتها، إلى نشر الثقافة العلمية لدى النشء العربي بمسائل علمية لها تأثير مباشر في حياته وسلوكه

كما تساعده هذه الكتيبات على فهم واستيعاب بعض منتجات العلوم والتقنية المحيطة به من جهة أخرى تسعى هذه السلسلة إلى تسليط الضوء على الجوانب السلبية و الإيجابية لمعطيات عصرنا العلمي و التقني، وما يزخر به من منتجات نلهث في سباقنا لاقتنائها وقبل أن تتاح لنا فرصة التعرف عليها وربما كان هذا الجانب الأكثر إلحاحاً إلى أهمية تعميق وعينا العلمي، و استيعاب ثقافة هذا العصر ذي الملامح العلمية بامتياز شديد

نسأل الله أن نُوفق في هذا المسعى الطموح؛ لنشر ثقافة علمية متنامية تواكب منتجات عصر العلم والتقنية

والله الموفق،،،

رئيس مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

د. محمد بن إبراهيم السويل

البلاستيك والغذاء

توطئة (Preface)

في هذا العصر الذي يشهد ديناميكية صناعية لاتهدأ؛ يلاحظ المرء مدى التقدم الهائل في مختلف المجالات الصناعية، ومن هذه المجالات التي تمر بمراحل تطور مذهلة: مجال الصناعات الغذائية والذي يعد من أكبر القطاعات الصناعية من حيث الحجم. ولقد تعددت أصناف وأشكال الأطعمة والأشربة المصنعة سواءً الطازجة أو المحفوظة، مثل: منتجات الألبان والعصائر وغيرها، ودأبت شركات تصنيع الأغذية على ضخ كميات كبيرة ومتنوعة من الغذاء إلى الأسواق بشكل يومي.

تعد خطوة التعبئة والتغليف من أهم المراحل التي يمر بها الغذاء عند إنتاجه وذلك لما لتلك الخطوة من أهمية بالغة في حفظ الغذاء وجعله في صورة تسهل على المستهلك حمله ونقله ثم حفظه أثناء فترة الاستهلاك. وفي السابق كانت تحفظ المواد الغذائية المعبأة وبشكل واسع النطاق في علب معدنية وزجاجية، إلا أنه في السنوات القليلة الماضية أصبحنا نرى اكتساحاً قوياً للمواد البلاستيكية لتحل كبديل لمعظم أغراض التعبئة والتغليف للمواد الغذائية وذلك لعدة أسباب منها: تعدد أنواعها وسهولة تشكيلها وخفة أوزانها ومتانتها (غير قابلة للكسر بسهولة) إذا ماقورنت بالمواد الزجاجية، ومن ناحية أخرى فإن قوة تحمل المواد البلاستيكية للعوامل الجوية كالصدأ جعلها بديلاً منافساً للعلب المعدنية.

وعلى الرغم مما تتمتع به مواد التعبئة والتغليف البلاستيكية من مزايا منافسة لمواد التعبئة والتغليف الأخرى التقليدية كالزجاج، فإنه لابد من القلق بشأن الخطورة المحتملة من تلوث الأغذية التي تغلفها وتحفظها تلك المواد؛ نظراً لأن المواد البلاستيكية هي مواد مصنعة وبها بعض الإضافات. وقد يحدث تلوث الغذاء بالمادة البلاستيكية عند تحرر أو هجرة بعض مكوناتها إلى المادة الغذائية بفعل

بعض الظروف التي تحث على ذلك كدرجة الحرارة، وظروف التخزين، وطبيعة المادة الغذائية، وغير ذلك. وبعض أنواع المواد البلاستيكية المستخدمة في تعبئة وحفظ الغذاء قد تكون سامة إذا تجاوزت حدوداً معينة في الغذاء مما قد يهدد صحة الإنسان بالخطر.

وهذا الكتيب يهدف إلى التعريف بالخطر المحتمل من تلوث الأغذية بمواد التعبئة والتغليف البلاستكية وذلك من خلال عرض علمي للمشكلة في ثلاثة فصول. حيث يتناول الفصل الأول المواد البلاستيكية التي تستعمل لأغراض تعبئة وحفظ الغذاء، بينما يتم التطرق في الفصل الثاني من الكتيب إلى توضيح كيفية هجرة المادة البلاستيكية أو أحد مكوناتها إلى الغذاء من خلال استعراض أهم الأبحاث العلمية الموثقة في هذا المجال. وأخيراً ومن خلال الفصل الثالث يتم التعريف بأهم الهيئات الدولية التي تعنى بمراقبة التلوث بمواد التعبئة البلاستيكية ووضع التشريعات الخاصة بذلك، كما سيتم استعراض الوضع الراهن في المملكة من حيث أهمية وجود جهة رقابية توعوية تختص بمراقبة التلوث الغذائي بالبلاستيك والحد منه على غرار ماهو معمول به في معظم دول العالم المتقدمة.

الفصل الأول

مواد التعبئة والتغليف البلاستيكية

مقدمة

تتمتع **المواد البلاستيكية اللدنة حرارياً**[*] **(Thermoplastics)** بمميزات شتى جعلتها تكتسح مجالات عديدة تعتمد على المواد التقليدية كالمعادن والأخشاب والزجاج، حيث تستخدم المواد البلاستيكية في الأثاث والأواني المنزلية وكماليات السيارات وغيرها. ومن أبرز مميزات المواد البلاستيكية هي جودة خصائصها الميكانيكية والفيزيائية وذلك نسبة إلى أوزانها الخفيفة جداً، ومقاومتها للعوامل الجوية كالتآكل وهذا يجعلها بديلاً منافساً للمعادن كالحديد ومواد أخرى هشة وغير آمنة كالزجاج. كذلك تتميز بعض المواد البلاستيكية بخصائص ضوئية جيدة، ولذلك تستخدم مادة عديد الإيثلين الترفثالاتي (PET) المشابهة للزجاج من حيث الشفافية في تعبئة المياه. كما أن المواد البلاستيكية اللدنة حرارياً تعرف بقابليتها للتصنيع على أشكال متعددة ومختلفة وبشكل سهل وبكميات هائلة لتخدم مختلف التطبيقات في حياتنا اليومية والتي من أهمها أغراض تعبئة وتغليف الغذاء من مشروبات ومأكولات وغيرها.

إن أهم خاصية يجب توفرها في مادة التعبئة والتغليف للغذاء هي قابليتها للحفاظ على جودة المنتج الغذائي وحمايته من العوامل التي قد تعرضه للفساد وذهاب أهم خواصه كالنكهة، ولهذا فإن خاصية تمرير الغازات المختلفة والرطوبة (Gas barrier) من وإلى الغذاء عبر جدار مادة التغليف تعد ذات أهمية بالغة في عالم

(*) تصنف المواد البلاستيكية من حيث تصرفها مع درجة الحرارة إلى مواد بلاستيكية لدنة حرارياً (Thermoplastics) وأخرى متصلبة حرارياً (ermosets). ويقصد بالمواد البلاستيكية اللدنة حرارياً ومنها مواد تعبئة وتغليف الغذاء البلاستيكية، تلك المواد التي يمكن إعادة صهرها وتشكيلها مرات عديدة بتطبيق الحرارة والضغط.

التعبئة والتغليف. فالمادة المغلفة للغذاء التي تكون خاصية تمرير الغازات لها عالية أو بعبارة أخرى أنها لاتمنع مرور الغازات غير المحبذة لحفظ الغذاء من التأكسد بفعل السماح لغاز الاكسجين بالتغلغل عبر جدار مادة التغليف وإفساد الغذاء.

يوجد أنواع متعددة من المواد البلاستيكية والتي تختلف حسب المادة الأساس في تصنيعها وهو ما يعرف **بالمونومير**(**) **(Monomer)**، وبالتالي تختلف تطبيقات تلك المواد بناءً على مواصفات المنتج النهائي وإمكانية تشكيله باستخدام طرق التشكيل المعروفة للمواد البلاستيكية. وفي هذا الصدد، تعد مواد عديد الالوفينات (PO)، وعديد الستايرين (PS)، وعديد الأستر كعديد الإيثلين الترفثالاتي (PET)، و عديد الكربونات (PC) من أهم المواد االبلاستيكية التي تصنع منها مواد التعبئة والتغليف للمواد الغذائية (شكل١-١) وسنتطرق فيما يلي لكل مادة من تلك المواد على حدة.



شكل (١-١) تستخدم المواد البلاستيكية لتعبئة العديد من أنواع الأغذية.

(**) سيتم التعريف بمفهوم كلمة مونومير في الفصل الثاني.

١,١ عديد الالوفينات (PO)

يتم إنتاج مواد عديد الالوفينات من إجراء عملية **البلمرة**(*) (Polymerization) للاوليفينات مثل الإثيلين (C_2H_4) والبروبلين (C3H6). وأهم منتجات عديد الالوفينات هي مادتي عديد الإيثلين (PE) وعديد البروبلين (PP) ومركباتهما. وتتمتع مواد عديد الالوفينات بمميزات عدة منها أنها مواد خاملة كيمائياً ومقاومة بشكل جيد للرطوبة. ويمكن أن تستخدم تلك المواد في حفظ وتغليف وتعبئة الغذاء بشكل منفرد أو على هيئة مواد مركبة من عدة طبقات، مثل: العلب البلاستيكية المغلفة بالألمنيوم.

١,١,١ عديد الإيثلين (PE)

يتم إنتاج مادة عديد الإيثلين بإجراء عملية **البلمرة بالإضافة**(**) لمركب الإيثلين (C_2H_4)، الذي يوجد على هيئة غاز، وذلك بكسر الرابطة المزدوجة بين ذرات الكربون لينتج مادة ذات أوزان جزيئيه عالية تصل إلى مئات الآلاف (جم/مول) تتمتع بخصائص ممتازة، مثل: المرونة العالية، والتركيب شبه البلوري. تبلغ درجة الانصهار لمادة عديد الإيثلين من ١١٠ إلى ١٤٠ °م، وذلك حسب النوع نسبة إلى الكثافة (جدول ١-١) كما سيتم توضيح ذلك لاحقاً .

(*) هي عملية كيميائية يتم فيها ربط بعض المركبات سواءً كانت متماثلة (أي مركب واحد) أو أكثر(مركبات مختلفة) لتكوين مادة بوليمرية (بلاستيكية) ذات وزن جزيئي كبير جداً.

(**) عملية البلمرة بالإضافة لإنتاج مواد عديد الالوفينات كعديد الستايرين وعديد الإيثلين تتم عن طريق كسر الرابطة المزدوجة بين ذرات الكربون في المونومير، ثم شبك المونوميرات على هيئة سلاسل مع بعضها لتكوين البوليمر أو المادة البلاستيكية.

جدول (١-١) خواص عديد الإيثلين.

المادة	الكثافة (جم\سم^{3})	درجة الانصهار (°م)	شكل السلسلة (التفرع)
عديد الإيثلين منخفض الكثافة LDPE	٠,٩١٠-٠,٩٢٥	١١٠-١٢٠	
عديد الإيثلين منخفض الكثافة الخطي LLDPE	٠,٩٢٦-٠,٩٤٠	١٢٠-١٣٠	
عديد الإيثلين عالي الكثافة HDPE	٠,٩٤١-٠,٩٦٥	١٣٠-١٤٠	

تتمتع مادة عديد الإيثلين بقدرتها على التنوع والتشكل في تركيبها الجزيئي، بحيث يمكن إنتاج أنواع متعددة من هذه المادة بخصائص جيدة تجعلها قابلة للتصنيع والتشكيل على هيئة أنواع متعددة من المنتجات.وكما ذكر آنفاً فإن عديد الإيثلين يوجد على هيئة أنواع مختلفة بحسب كثافة المادة؛ وأهم تلك الأنواع هي عديد الإيثلين منخفض الكثافة (LDPE) وعديد الإيثلين عالي الكثافة (HDPE) وعديد الإيثلين منخفض الكثافة الخطي (LLDPE) وهو عبارة عن بوليمر مشترك من الإيثلين والبيوتين أو الهكسين أو الاوكتين للتحكم في كثافة المادة. ويرجع الاختلاف بين هذه الأنواع إلى ظاهرة التفرع (Branching) في سلسلة المركب (جدول ١-١). وبزيادة درجة التفرع في سلسلة البوليمر تقل الكثافة وتصبح المادة أكثر مرونة لذلك تستخدم مادة عديد الإيثلين منخفض الكثافة (LDPE) لصناعة أكياس التسوق ومواد تغليف الأطعمة واللحوم الشفافة وأكياس حفظ اللحوم، بينما تستخدم مادة عديد الإيثلين عالي الكثافة (HDPE) الأكثر قساوة ؛ لصنع حاويات اللبن والعصائر، وبعض حاويات المياه (الشكل ١-٢).

٢,١,١ عديد البروبلين (PP)

يتم إنتاج مادة عديد البروبلين عن طريق بلمرة مركب غاز البروبلين (C_3H_6)، ويتميز بلاستيك عديد البروبلين بالمقارنة مع بلاستيك عديد الإيثلين بجودة خصائصه الميكانيكية وبالتحديد خاصية المتانة، ومقاومة المواد الكيميائية كالأحماض، وأرتفاع درجة انصهاره حيث تبلغ حوالي ١٧٠°م. وتصنع من مادة عديد البروبلين بعض العلب المستخدمة للعصائر وأغطية تلك العلب.







(أ)







(ب)

شكل (١-٢) بعض استخدامات مادة عديد الإيثلين (PE): (أ) عديد الإيثلين منخفض الكثافة (LDPE) لصناعة رقائق لتغليف الأطعمة المختلفة كالخضروات واللحوم، (ب) عديد الإيثلين عالي الكثافة (HDPE) لعلب العصائر والحليب والألبان والعسل.

٢,١ عديد الستايرين (PS)

يتم إنتاج عديد الستايرين (PS) عن طريق بلمرة مركب الستايرين، والذي يتم إنتاجه- أي الستايرين- بنزع الهيدروجين من مركب إيثيل البنزين. يمتاز عديد الستايرين بخصائص عديدة من أبرزها العزل الكهربائي والشفافية. ويستخدم عديد الستايرين في تطبيقات عديدة مهمة منها؛ حفظ وتعبئة الأغذية، مثل: الصحون والأطباق البيضاء والشفافة المستخدمة في أغراض الأكل ، والملاعق، وأكواب الشرب للشاي والقهوة، وغيرها (الشكل ١-٣). ويستخدم عديد الستايرين الرغوي (Foamed) في إنتاج صناديق تعبئة الفواكه والخضروات وبعض الأطعمة الجاهزة. ويستخدم عديد الستايرين فائق المقاومة للصدمات (HIPS) في بعض التطبيقات الخاصة، مثل: صناعة الأجزاء الداخلية للثلاجات المنزلية.



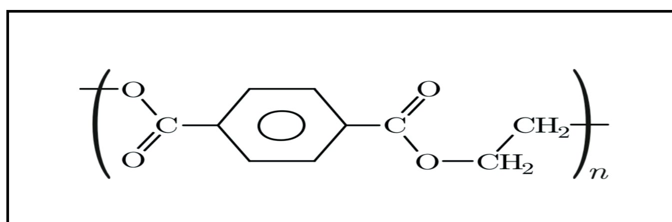
شكل (١-٣) استخدامات مادة عديد الستايرين (PS)

٣,١ عديد الأستر

١,٣,١ عديد الإيثلين الترفثلاتي (PET)

يعتبر عديد الإيثلين الترفثلاتي أحد أهم أفراد عائلة عديد الأستر حيث يمكن تعريفه بأنه عديد أستر مشبع ذو وزن جزيئي عالي (أكثر من ١٠،٠٠٠ جم/مول)،

ويتم تصنيعه عن طريق تفاعل مركب إيثلين جلايكول مع حمض الترفثلاث من خلال إجراء عملية البلمرة بالتكثيف (الشكل ١-٤)، وهذا يعني أن أحد النواتج للتفاعل هو الماء. كما يمكن تحضير عديد الإيثلين الترفثلاتي عن طريق تسخين إيثلين جلايكول مع ثنائي ميثيل أستر الترفثلاث عند ضغط منخفض ودرجة حرارة أعلى من ٢٥٠ °م، وفي وجود عامل محفز، وعندها يكون الناتج الجانبي هو الكحول الميثيلي (الميثانول). يتميز عديد الإيثلين الترفثالاتي بثباته الحراري حيث تبلغ درجة انصهاره ٢٦٠°م، وكذلك جودة خصائصه الميكانيكية والضوئية كالشفافية. ويمكن تصنيع هذا النوع من البلاستيك على عدة أشكال مختلفة، ولأنه يمكن تشكيله إلـى قوارير وحـاويات شفافة كالزجاج عن طريق القولبة بالنفخ (Blow molding) فقد تم إحلاله كبديل مناسب جداً لمادة عديد كلوريد الڤينيل (PVC) في مجال إنتاج قوارير وحاويات المياه المعبأة؛ نظراً لما تشكله مادة عديد كلوريد الڤينيل من أخطار محتملة قد تهدد صحة الإنسان. ويبين (الشكل ١-٥) أهم استخدامات مادة عديد الإيثلين الترفثلاتي في مجال تعبئة الغذاء.



شكل (١-٤) التركيب الكيميائي لعديد الإيثلين الترفثالاتي (PET).









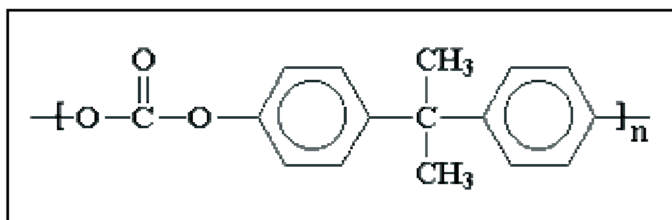
شكل (١-٥) تستخدم مادة عديد الإيثلين الترفثالاتي في تعبئة مياه الشرب والمشروبات الغازية وغيرها من التطبيقات الغذائية.

.

٢,٣,١ عديد الكربونات (PC)

يتم إنتاج بلاستيك عديد الكربونات من ثنائي فينول-أ (Bisphenol A) مع الفوسجين (الشكل ١-٦). ويتمتع عديد الكاربونات بخصائص ميكانيكية وفيزيائية ممتازة كالقوة والمتانة، حيث يعرف بأنه أقسى مادة بلاستيكية من المواد اللدنة حرارياً. بالإضافة إلى ذلك، فهو مستقر حرارياً ولهذا فإنه يحافظ على أبعاده عند درجات الحرارة العالية ولذا فإن له استخدامات متعددة في مجال الأثاث الإلكتروني (مثل صناعة الهياكل والأجزاء الداخلية للمنتجات الإلكترونية كالحاسوب والهاتف المتحرك وغيرها). ويتميز عديد الكربونات -علاوة على قساوته الشديدة- بالشفافية العالية، ولهذا فإنه يشيع استخدامه كبديل للزجاج في كثير من التطبيقات كالأبواب

والنوافذ وقبب المباني وهو مايعرف (باللكسان) كاسم تجاري متداول عند العامة. ولاتقتصر استعمالات عديد الكربونات على التطبيقات الإلكترونية والهندسية بل تتعداه إلى التطبيقات الغذائية وهو مايعنينا في هذا الكتيب، حيث يستعمل في صناعة حاويات المياه القابلة لإعادة التعبئة وبعض التطبيقات الأخرى كصناعة علب رضاعات الأطفال كما يبين ذلك (الشكل ١-٧). وعلى الرغم من جودة تلك المادة إلا أنه في الأونة الأخيرة أثيرت شكوك حول خطورة محتملة من جراء استعمال عديد الكربونات في أغراض تعبئة الغذاء.



شكل (١-٦) التركيب الكيميائي لعديد الكربونات (PC) .







شكل (١-٧) بعض استخدامات عديد الكربونات في مجال تعبئة الغذاء.

٤,١ الإضافات في المواد البلاستيكية (Additives)

يلجأ إلى استخدام الإضافات عند إنتاج المواد البلاستيكية لعدة أسباب منها: تسهيل عملية التصنيع إلى أشكال مختلفة، ولحمايتها من العوامل التي قد تؤثر عليها، ولجعلها مناسبة لتطبيقات مختلفة كأغراض التعبئة والتغليف للمواد الغذائية. وأشهر المواد المضافة هي مضادات التحلل بفعل الأشعة فوق البنفسجية وخافضات اللزوجة وخافضات الكهرباء الساكنة والملدنات. كذلك يتم إضافة مضادات الأكسدة إلى مواد التغليف المصنوعة من مادة عديد الإيثلين منخفض الكثافة (LDPE).

وتعتبر الإضافات مواداً كيميائية، ربما تشكل خطراً على الصحة و البيئة وذلك عند تحررها من المادة البلاستيكية خاصة تحت الظروف البيئية القاسية مثل ارتفاع درجة الحرارة صيفاً والأشعة فوق البنفسجية الناتجة عن أشعة الشمس. ومن أشهر الأمثلة على الإضافات في الصناعة البلاستيكية: مادة الفثالات التي تستخدم كمادة ملدنة لعديد كلوريد الڤينيل (PVC)، الذي كان يستخدم لتعبئة مياه الشرب، وهذه المادة - الفثالات- أثيرت حولها الشكوك بخصوص سميتها العالية. ومن الإضافات التي تستخدم كمثبت ضد الأشعة فوق البنفسجية (UV): مادة ثلاثي فينيل الفوسفات (TPP)، والتي تعرف بسميتها العالية. وفي بعض العلب المصنعة لتغليف الأطعمة تتم عملية التعقيم باستخدام مادة فوق أكسيد الهيدروجين (Hydrogen peroxide, H_2O_2) وذلك عند إجراء عمليات التشكيل من مواد عديد الالوفينات كمادتي (PE) و(PP)، وطريقة التعقيم هذه قد تؤثر على مكونات مادة التغليف البلاستيكية. وقد أثبتت بعض الدراسات إمكانية انتقال بعض أجزاء المادة البلاستيكية إلى المادة الغذائية التي تحتويها وذلك عند تفكك بعض أجزاها كالإضافات[11-1] ، وهذا الانتقال قد يكون ناشئاً عن وجود بعض من المادة الأساس- المونومير- الداخلة في تصنيع المادة البلاستيكية والتي لم تتحول إلى بوليمر أو قد تتفكك بعض الإضافات،

وفي بعض الأحيان قد يوجد بعض الكميات الضئيلة جداً من المادة المحفزة المستخدمة في التفاعل. وهذا يحتم ضرورة تحديد نقاوة المادة البلاستيكية المزمع استخدامها لأغراض التغليف للمواد الغذائية. وسوف يتم التطرق إلى الإضافات بأنواعها ودرجة خطورتها على الصحة- بشيء من التفصيل- في الفصل التالي.

الفصل الثاني
هجرة مكونات المادة البلاستيكية
إلى الغذاء والأخطار المترتبة على ذلك

مقدمة تاريخية وعامة

في مطلع السبعينيات الميلادية، وبالتحديد في عام ١٩٧٠م، وفي خضم التهافت الكبير على استخدام المواد البلاستيكية كمغلفات وعبيئات للغذاء بمختلف أصنافه، تم الكشف عن تلوث الغذاء بمادة عديد كلوريد القينيل (PVC) التي كانت تستخدم لتعبئة وحفظ الأغذية آنذاك. ومكمن الخطورة هنا أن مادة كلوريد القينيل وهي المونومير المكون لعديد كلوريد القينيل تصنف ضمن المواد التي تسبب مرض السرطان. من جهة أخرى يعود أول كشف لتلوث الغذاء بمادة عديد الستايرين إلى عام ١٩٧٢م[١-٢]، ثم تلا ذلك كشف آخر في عام ١٩٧٦م[٣]. وفي بداية الثمانينيات من القرن الميلادي الماضي، ازداد القلق حول تلوث الغذاء ببعض مكونات المادة البلاستيكية التي تغلفه من خلال ما أطلق عليه العلماء مصطلح الهجرة(*) [٤-5]. وقد كان الداعي إلى مثل هذا القلق هو نشوء الخلايا السرطانية في حيوانات التجارب عند تعرضها لتلك المواد التي تضاف إلى المواد البلاستيكية لتسهيل تصنيعها ومنها الملدنات[5]. تبع ذلك إجراء المزيد من الأبحاث حول هجرة بعض مكونات مواد التغليف البلاستيكية كالإضافات وغيرها إلى الغذاء[٦-١١]. وعند إجراء الأبحاث للكشف عن الملوثات البلاستيكية في الغذاء، يلجأ الباحثون إلى استخدام مواد نموذجية شبيهة بالأغذية (Food simulants) وذلك لصعوبة التعامل مع الغذاء الحقيقي ذي التركيب المعقد.

(*) الهجرة بشكل عام هي الانتقال المجهري من مصدر خارجي إلى الغذاء، والمصدر الخارجي هنا هو المكونات الداخلية المختلفة لمادة التغليف البلاستيكية مثل الإضافات كالملدنات وغيرها، والمونومير غير المتحول وبقايا نزرة من المادة المحفزة المستعملة في عملية البلمرة وغيرها من الشوائب الأخرى.

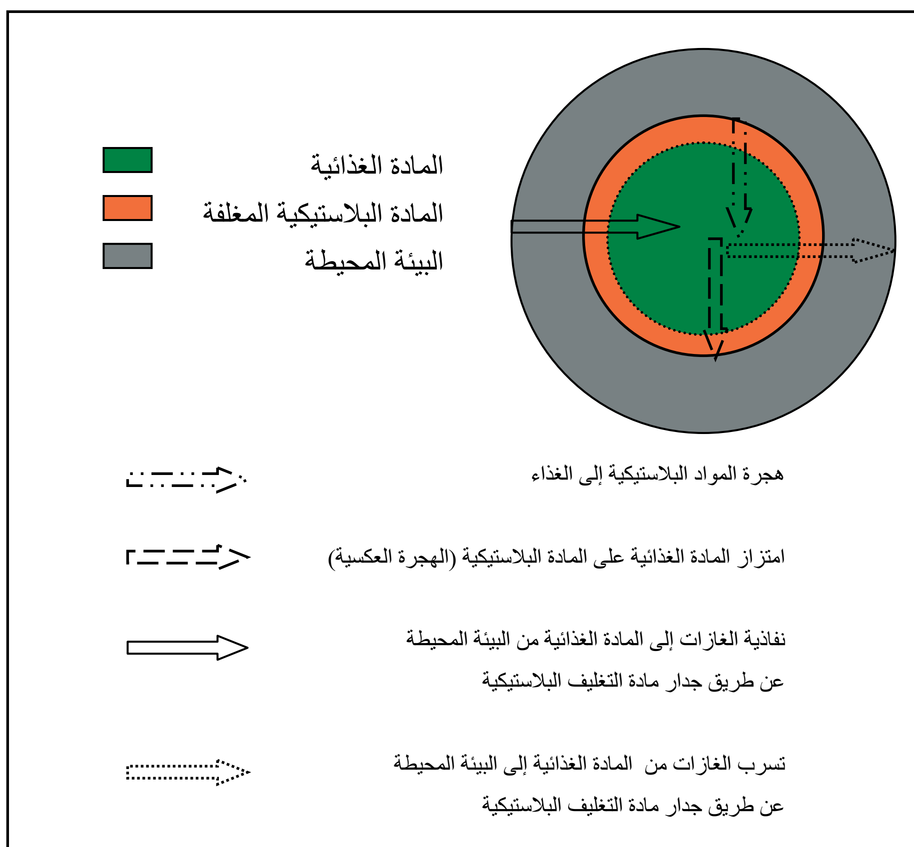
وللكشف الموثق عن الملوثات البلاستيكية في الغذاء يلزم توفر أجهزة تحليل متطورة ذات دقة فائقة، نظراً للانخفاض الشديد لتركيز الملوثات البلاستيكية المتوقع الكشف عنها في الغذاء. وتعتبر الطرق التحليلية المخبرية للكشف عن الملوثات للغذاء من جراء هجرة مكونات مواد التعبئة والتغليف البلاستيكية مهمة للغاية من عدة نواحي منها مايلي:

١. تشخيص المواد المهاجرة والشوائب المحتمل وجودها في الغذاء وتحديد درجة سميتها.
٢. تحديد مستويات المونوميرات المتبقية والإضافات في مادة التغليف البلاستيكية.
٣. تحديد العوامل التي تؤثر على هجرة بعض مكونات مادة التغليف البلاستيكية أو الشوائب إلى الغذاء.
٤. تقدير الحد الأقصى المتوقع لهجرة الشوائب من مادة التغليف البلاستيكية إلى الغذاء بفعل الالتصاق بينهما.

وتهدف الطرق التحليلية المخبرية إلى تحديد أنواع وكميات المواد المهاجرة إلى الغذاء من مادة التغليف البلاستيكية، مثل: الإضافات، والمونوميرات، والالوقيمرات، والشوائب. ولعل من المفيد ذكره في هذا المقام أن الغذاء المعبأ أو المغلف بالمواد البلاستيكية بمختلف أنواعها قد يؤثر ويتأثر بمادة التغليف البلاستيكية والبيئة المحيطة بها من خلال عدة عمليات هي:

١. النفاذية بين الغذاء و البيئة المحيطة عبر جدار مادة التغليف.
٢. هجرة مكونات مادة التغليف البلاستيكية إلى الغذاء **(وهو مايعنى به هذا الكتيب وسيتم تفصيله لاحقاً)**
٣. امتزاز الغذاء على جدار مادة التغليف وهو مايسمى بالهجرة العكسية.

ويوضح (الشكل ٢-١) هذه العمليات الثلاث من خلال تبيان التفاعل بين الغذاء ومادة التغليف البلاستيكية والبيئة المحيطة الخارجية. وإذا تأملنا في محتويات (الشكل ٢-١) نجد أن لكل عملية من العمليات الثلاث- أي النفاذية والهجرة والامتزاز (أو الهجرة العكسية)- عواقب وتبعات قد تؤثر على جودة وصحة الغذاء. فالنفاذية التي تنتج عن انتشار الجزيئات ،مثل: غازي الاكسجين وثاني أكسيد الكربون والغازات الأخرى وبخار الماء عبر جدار مادة التغليف من وإلى الغذاء وامتصاصها بواسطة الغذاء أو إطلاقها في البيئة المحيطة تؤدي إلى عدة أمور غير محببة مثل تأكسد الغذاء ونمو البكتيريا فيه وفقدان النكهة، بينما تؤدي الهجرة العكسية أو امتزاز الغذاء على جدار مادة التغليف إلى فقدان النكهة وتدهور جودة خواص مادة التغليف. أما عملية هجرة مكونات مادة التغليف البلاستيكية إلى الغذاء فتعد من أهم العمليات التي تنتج عند التقاء وتلاصق الغذاء بالمادة البلاستيكية، وذلك نظراً لارتباط هذه العملية بالتأثير على صحة الإنسان من خلال إطلاق بعض المكونات الخطرة الموجودة في مادة التغليف البلاستيكية، مثل: المونوميرات، والمذيبات وبقايا المادة المحفزة، والإضافات، والشوائب. وفي هذا الفصل سيتم التطرق بشيء من التفصيل إلى ماهية المواد المهاجرة، وميكانيكية انتقالها إلى المادة الغذائية والعوامل المؤثرة على ذلك. وأخيراً سيتم استعراض أبرز النماذج الرياضية التي يمكن استخدامها لتقدير معدلات هجرة مكونات مادة التغليف البلاستكية إلى الغذاء.



شكل(٢-١)التفاعلات بين الغذاء ومادة التغليف البلاستيكية والبيئة الخارجية.

١,٢ المواد المهاجرة إلى الغذاء من مادة التغليف البلاستيكية

تتعدد المواد التي يمكن أن يكون لها قابلية الانتقال للغذاء بواسطة عملية الهجرة عند التصاق الغذاء بالمادة البلاستيكية من خلال مواد التعبئة والتغليف البلاستيكية المختلفة. فابتداءً بالمونوميرات غير المتبلمرة في مادة التغليف البلاستيكية ومروراً بالإضافات بشتى أنواعها وتدرج سميتها ثم انتهاءً بالشوائب. وفيما يلي نتطرق إلى أهم المواد المهاجرة من مادة التغليف البلاستيكية إلى الغذاء وبيان الأضرار الصحية من جراء تلوث الغذاء بها.

٢,١,١ الإضافات (Additives)

يقصد بالإضافات تلك المواد الكيميائية التي تخلط بكميات قليلة نسبياً مع المواد البلاستيكية الخام أثناء التصنيع بغرض جعلها مناسبة للاستخدامات المختلفة ولتسهيل عمليات تشكيل تلك المواد إلى منتجات نهائية كالأكياس والعلب المستخدمة لحفظ وتعبئة الغذاء وغيرها. وفيما يلي بيان بأهم الإضافات المستخدمة في صناعة مواد تغليف الغذاء البلاستيكية.

٢,١,١,١ الملدنات (Plasticizers)

تضاف الملدنات لمواد التعبئة والتغليف البلاستيكية لتسهيل عملية تشكيل تلك المواد البلاستيكية إلى منتجات نهائية تتسم بالمرونة والليونة لتخدم بعض التطبيقات الخاصة، مثل: الأكياس، والعبيئات، وغيرها. ومن أشهر الملدنات مايلي:

- ستيرات البيوتيل (butyl stearate).
- ستيرات أستيل ثلاثي البيوتيل (Acetyl tributyl citrate).
- سيبكات الألكيل (Alkyl sebacates).
- الأديبات (Adipates).
- فثالات (Phthalates).

وتعد الملدنات المصنعة من مادة الفثالات مواداً غير محبذة؛ نظراً لارتفاع درجة سميتها. وقد أوضحت بعض الدراسات أن هذه المادة تعتبر مسرطنة[13-12] وتؤثر على الإخصاب لدى الإنسان. ويمكن الكشف عن الملدنات في الغذاء بتطبيق تقنيات متطورة مثل طريقة النظائر المستقرة المخففة باستخدام كروماتوجرافيا الغاز المقترن بطيف الكتلة (GC-MS). ومن الأمثلة العملية في هذا الصدد؛ الكشف عن هجرة ملدنات الفثالات والأديبات من الرقائق البلاستيكية المصنعة من مادة عديد

كلـوريـد الڤينيل التـي تستخدم لحفظ وتغليف اللحـوم وذلـك باستخدام تقنية كروماتوجرافيا الغاز[14].

٢,١,١,٢ المثبتات الحرارية (Thermal stabilizers)

تعد المثبتات الحرارية من أكثر الإضافات استعمالاً في الصناعات البلاستيكية. والهدف من إضافة المثبتات الحرارية إلى المادة البلاستيكية، هو جعلها مستقرة كيميائياً عند درجات الحرارة المرتفعة نسبياً. وغالباً تستخدم مواد الزيوت النباتية الإيبوكسية كمثبتات حرارية للمادة البلاستيكية المعدة لتعبئة وتغليف الغذاء. ومن أشهر المثبتات الحرارية من هذا النوع؛ زيت فول الصويا الإيبوكسي أو مايعرف اختصاراً بـ (ESBO). وتحتوي بعض مواد تعبئة وتغليف الغذاء البلاستيكية مثل عديد كلوريد الڤينيل وعديد الستايرين على محتوى من الزيوت الإيبوكسية يتراوح من ٠,١ إلى ٢٧ %[15]. وتكمن خطورة استعمال هذه الأنواع من المثبتات الحرارية- أي الزيوت الإيبوكسية- في مواد تعبئة وتغليف الغذاء البلاستيكية في أنها قد تحتوي على بقايا من مادة أوكسيد الإيثلين عالية السمية التي يصنع منها الإيبوكسي. ونظراً لأن تطايرية (Volatility) المثبتات الحرارية تعد منخفضة فلا تعد طريقة النظائر المستقرة المخففة ناجعة في الكشف عنها كما هو الحال مع الملدنات، إلا أن هناك طريقة سهلة للكشف عن المثبتات الحرارية في الغذاء كمادة (ESBO)، وذلك باستخلاصها بمذيب التولوين ثم معالجة المستخلص بمادة هيدروكسيد ثلاثي ميثيل الأمونيوم بعد حلها بالميثانول لمدة عشر دقائق، وبعد ذلك يضاف الماء ثم تجفف طبقات التولوين بواسطة مادة بلا ماء كبريتات الصوديوم، وأخيـراً يتـم تمريـر المنتج علـى جهـاز اللهب المؤين بـاستخدام غـاز حـامـل (Carrier gas) كالهيليوم لتحليله[16].

٣,١,١,٢ المزلقات (Slip additives)

الغرض من إضافة مانعات الانزلاق أو المزلقات هو منع التصاق رقائق المادة البلاستيكية مع بعضها البعض، وكذلك للتقليل من شحنات الكهرباء الساكنة. وفي الغالب فإن هذه المواد- أي المزلقات- هي عبارة عن اميدات الأحماض الدهنية مثل الاميد الأولي. يتم الكشف عن المزلقات في الغذاء بواسطة الاستخلاص بالإذابة، ويتـم إجـراء التحليل بكـرومـاتوجرافيا الـغـاز الشعـري مــع الكشف بواسطة اللـهـب المؤين.

٤,١,١,٢ مثبتات الإضاءة (Light stabilizers)

تستخدم مثبتات الإضاءة للحد من تاثير العوامل الجوية على خواص المادة البلاستيكية على المدى البعيد. ومن أشهر الأمثلة على المواد البلاستيكية التي تحتاج لمثبتات إضاءة هي مواد عديد الالوفينات مثل عديد الإيثلين الذي يستخدم على هيئة رقائق كبيرة تغطى بها بيوت الزراعة المحمية. وتعد مادة الامين المعوق المعروف اختصاراً بـ هالز (HALZ) من أشهر مثبتات الإضاءة ويوجد على هيئة منتجات تجارية متنوعة مثل مادة (Chimasorb 944). وتتلخص طريقة الكشف عن مثبتات الإضاءة بحل المادة البلاستيكية ثم الترسيب والاستخلاص باستخدام حمض الكبريت بغرض فصل مركبات الهالز التي تحتوي على حلقات اليفاتية نتروجينية عن المثبتات الأخرى ومنها مضادات الأكسدة التي سيتم التطرق لها لاحقاً. وأخيراً وعند الحصول على المستخلص يتم تحليله بواسطة الحرق اللاهوائي باستخدام كروماتوجرافيا الغاز.

٥,١,١,٢ مضادات الأكسدة (Antioxidant)

عندما تتعرض المادة البلاستيكية للأشعة فوق البنفسجية الساقطة من الشمس وفي ظل وجود الهواء يحدث تحلل للمادة البلاستيكية بفعل الأكسدة. وللحد من هذا الأثر- أي لإبطاء عملية الأكسدة- يلجأ إلى إضافة مضادات الأكسدة للمواد البلاستيكية.

ويوجـد العديد مـن مضادات الأكسدة تحـت أسماء تجـارية مختلفة (جدول ٢-١). وتتعدد المواد الفعالة في مضادات الأكسدة وتتفاوت درجة سميتها بناءً على طبيعة المادة الفعالة المستخدمة حيث تعد مضادات الأكسدة المحتوية على بدائل الفينول آمنه نسبياً، بينما تكون مواد أخرى فعالة في بعض مضادات الأكسدة ذات سمية عالية مثل أريل وثلاثي ڤينيل الفوسفايت. وبعض مضادات الأكسدة كمشتقات هيدروكسي بنزوفينون الأولية والثانوية لا تعد سامة إلا إذا استخدمت في المواد البلاستيكية لتعبئة وتغليف الأغذية الدهنية. وفيما يتعلق بطرق الكشف عن مضادات الأكسدة في الغذاء، فتستخدم طريقة الكروماتوجرافيا ذات الطور السائل العكسي وكروماتوجرافيا الموائع الحرجة (Supercritical fluids) والكروماتوجرافيا السائلة عالية الأداء (HPLC)، وتوجد طرق متقدمة للكشف الدقيق عن مضادات الأكسدة في الأطعمة مثل طريقة الدمج بين الاستخلاص بالموائع الحرجة وكروماتوجرافيا الموائع الحرجة المقترنين مع طيف الكتلة[17].

وبنهاية هذا القسم نكون قد بينا أهم الإضافات المستخدمة لتسهيل وتحسين صناعة المواد البلاستيكية لتخدم مختلف التطبيقات والتي من أهمها أغراض تعبئة وحفظ وتغليف الغذاء. ويمكن للقارىء أن يطلع على الجدول (م-١) (في قسم الملاحق) للتعرف على المزيد من الإضافات المهمة للمواد البلاستيكية ومدى خطورتها من الناحية الصحية.

جدول(٢-١)بعض أشهر المواد الكيميائية التي تستخدم كمضادات للأكسدة في المواد البلاستيكية.

الاسم التجاري	*الاسم العلمي (الكيميائي)*
تينوڤين ٣٢٦ (Tinuvin 326)	٢-(٥- كلـورو-٢هـ- بنزوثلاثـي ازول-٢- يـل)-٦-(١،١-ثنائي إيثيل الميثيل)-٤- ميثيل الفينول
كيم أسورب ٨١ (Chimasorb 81)	٢- هيدروكسي-٤- ن – اوكتيل اوكسي بنزو فينون
إرقافوس ١٦٨ (Irgafos 168)	تريس-(٢،٤- ثنائي- رباعي – بيوتيل الڤينيل) فوسفايت

٢,١,٢ المونوميرات و الاوليقوميرات (Monomers and oligomers)

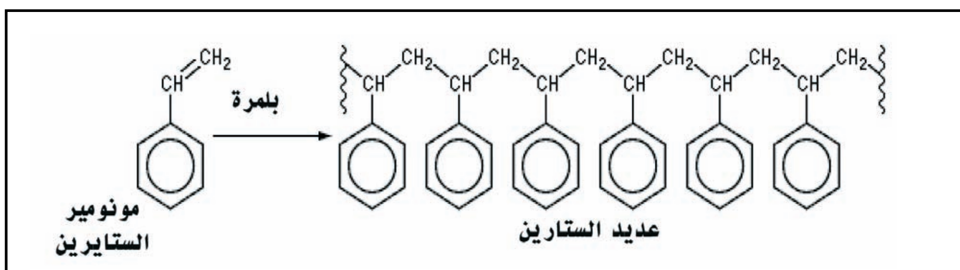
المواد البلاستيكية هي بوليمرات - أي عديدة الأجزاء- يتم إنتاجها بإجراء عمليات البلمرة للمادة الأولية والتي تسمى مونومير- أي أحادي- وهي مادة ذات وزن جزيئي منخفض، وعند الاستمرار في بلمرة المونومير تتكون أجزاء أكبر تسمى دايمرز- أي ثنائية الأجزاء- ثم تتراميرز- أي رباعي الأجزاء- ثم أوليقوميرز- أي قليلة الأجزاء- وهي الأكبر من حيث الوزن الجزيئي. وفي النهاية يتم إنتاج المادة البوليمرية أو البلاستيكية بإوزان جزيئية عالية تصل إلى عشرات ومئات الألوف جم/مول. ويوضح (الشكل ٢-٢) الفرق بين مونومير الستايرين وعديد الستايرين الذي يتكون من بلمرة مونومير الستايرين بالإضافة وذلك بكسر الرابطة الثنائية بين ذرات الكربون. من النقاش السابق يتضح أن المونوميرات والأوليقوميرات هي مواد قابلة للتفاعل، لذا يجب التأكد من عدم وجود بقايا ولو نزرة لتلك المواد في المادة البلاستيكية المعدة لتعبئة وتغليف الغذاء لما يشكله ذلك من خطورة على صحة الإنسان. وفيما يلي نستعرض أهم المونوميرات الداخلة في تصنيع مواد تعبئة وتغليف الغذاء البلاستيكية.

١,٢,١,٢ ستايرين (Styrene)

عند بلمرة ڤينيل البنزين أو مايعرف بالستايرين، يتبقى جزء من مونومير الستايرين في المادة النهائية البلاستيكية- أي عديد الستايرين- مما يشكل خطورة في احتمال هجرة الستايرين إلى الغذاء حيث يعتبر الستايرين ذواباً بشكل جيد في بعض الأوساط الغذائية كالزيوت. ومن الأمثلة على ذلك عند تناول القهوة مع المادة المبيضة في أكواب عديد الستايرين الرغوية، فإن البيئة مناسبة جداً لذوبان مادة الستايرين في القهوة.

ونظراً لأن الستايرين يذوب بشكل جيد في الأوساط الدهنية فإنه يجد مكاناً مناسباً في الأنسجة الغنية بالمواد الدهنية في جسم الإنسان كالدماغ والحبل الشوكي[19-18]. وتؤكد بعض الدراسات وجود علاقة بين تعرض النساء لأبخرة الستايرين (في حدود ٥ مجم/م^{٣})، وحدوث اضطرابات في الدورة الشهرية وعمليات الأيض خلال فترة الحمل[20].

وكمثال آخر على خطورة استعمال بلاستيك عديد الستايرين كمادة لحفظ وتغليف الأطعمة التي تحتوي على ڤيتامين بيتا كاروتين أو مايعرف بڤيتامين أ، فإنه عند تسخين الطعام المحتوي على هذا الڤيتامين بواسطة فرن المايكرويف -على سبيل المثال- فإن ڤيتامين أ يتفكك إلى عدة مركبات كيميائية من أهمها مادة التولوين الذي يعتبر مذيباً جيداً لمادة الستايرين لهذا ينبغي تجنب تسخين الغذاء المحتوي على ڤيتامين أ في مادة التغليف البلاستيكية من نوع عديد الستايرين، ويمكن تفريغ الطعام في إناء غير بلاستيكي- زجاجي مثلاً- ثم تسخينه.



شكل (٢-٢) بلمرة مونومير الستايرين لإنتاج عديد الستايرين.

ويمكن لمونومير الستايرين المتبقي في مادة التغليف المصنعة من عديد الستايرين أن يهاجر إلى الغذاء بنسبة ٥٠% خلال مدة لاتتجاوز ٢٤ ساعة وهو متوسط العمر الرفي (Shelf life) لمعظم الأطعمة السائدة. وقد نشرت وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA) دراسة أوضحت فيها أن الستايرين وجد في مستويات تتراوح من ٨ إلى ٣٥٠ نانوجرام/جرام في الأنسجة الدهنية للإنسان. وعند التراكيز العالية لمونومير الستايرين- أي حوالي ٣٥٠ نانوجرام/جرام- فإن ذلك يسبب تسمم الأعصاب كنتيجة لمهاجمة مركز التحكم العصبي (CNS) في الجسم مما يودي إلى الشعور بالإجهاد والتوتر والأرق. وقد عزت الدراسة هذه النتائج من التسمم بمادة الستايرين إلى احتمال هجرة أو رشح (leaching) الستايرين إلى المشروبات الساخنة من خلال الأكواب الرغوية المصنوعة من بلاستيك عديد الستايرين. وقد أكدت الدراسة كذلك أن أكواب الشرب الرغوية تلك تفقد وزنها مع الاستعمال، مما يدعم حدوث هجرة لمادة الستايرين إلى المشروبات الساخنة كالقهوة. وقد وجد أيضاً أن الأكواب الرغوية من بلاستيك عديد الستايرين تفقد وزنها بشكل ملحوظ عند استخدامها لتناول الشاي مع الليمون. وقد يؤثر الستايرين على خواص الإحساس لدى الإنسان عند تراكيز منخفضة جداً تصل إلى ٢٠٠ جزء في البليون (ppb) في اللبن الزبادي، وعند تركيز منخفض جداً- حوالي ٤٠ ppb- في المياه المعبأة[21]. وربما تؤدي العمليات التي تحدث داخل جسم الإنسان أو

مايعرف بالأيض (Metabolism) إلى تحور مادة الستايرين إلى فينيل أوكسيرين وهو مركب قد يحدث تغيرات جينية داخل الخلايا الحية[22-23]. وقد أكدت بعض الدراسات أن تعرض أنسجة الجسم لكميات ولو قليلة من مادة الستايرين يؤدي إلى نقص في الصفائح الدموية و تدني مستوى الهيموغلوبين، وربما يؤدي ذلك أيضاً إلى تغيرات في الكروموزومات وفي الأغشية اللمفاوية مما قد يتسبب في إحداث سرطانات في الجسم[24-25]. وفي هذا الصدد، قامت بعض الهيئات التي تعنى بأبحاث السرطان، كالهيئة العالمية لأبحاث السرطان التي مقرها في ليون بفرنسا، بإعادة تصنيف مادة الستايرين لتكون إحدى المواد المحتمل تسببها في إحداث السرطان في الإنسان. هذا على الرغم من أن جميع الأبحاث التي أجريت للتحقق من حدوث مرض السرطان عند التعرض لمادة الستايرين قد طبقت على حيوانات التجارب فقط. ويتم الكشف عن مونومير الستايرين في الغذاء بواسطة كروماتوجورافيا الغاز.

٢,٢,١,٢ كلوريد الڤينيل (VC)

يعتبر كلوريد الڤينيل ذا سمية عالية[26-27]، لهذا فإن التحكم في مستوياته في مواد تعبئة وتغليف الغذاء البلاستيكية المصنوعة منه يعد مطلباً ملحاً نظراً لارتباط ذلك بصحة الإنسان. وتوجد تشريعات تنظم الحدود المسموح بها لمتبيقيات مونومير كلوريد الڤينيل وكذلك مستويات الهجرة للغذاء أو شبيهات الأغذية[28-29]. وقد وجد بعض الباحثين عند دراسة هجرة كلوريد الڤينيل إلى الغذاء أن ماتم الكشف عنه هو من النوع تترامير- أي رباعي الأجزاء- وهو يختلف من ناحية التركيب عن المونومير الذي يشكل خطورة بالغة، لذا استنتجت الدراسة أن جميع مونومير كلوريد الڤينيل قد تحول إلى مادة أكبر من حيث الوزن الجزيئي. هذا يقودنا إلى القول أنه ينبغي التفريق بين عديد كلوريد الڤينيل والمونومير الذي يبنى منه -أي

كلوريد الفينيل- وذلك لاختلاف درجة السمية بينهما[30]. ويمكن الكشف عن اوليقوميرات كلوريد الفينيل باستخلاصه من المادة البلاستيكية بواسطة مذيب الهكسان، ثم يمرر المستخلص على كروماتوجرافيا الغاز المدعم بكاشف صائد الإلكترون (ECD).

٣,٢,١,٢ راتنجات الإيبوكسي (Epoxy resins)

ثنائي فينول-أ ثنائي جليسيدال الإيثر او مايعرف اختصاراً بـ (BADGE) ،هي المادة الأولية التي تصنع منها راتنجات الإيبوكسي. وتعتمد سمية مركبات الإيبوكسي على التراكيز الجزئية من الإيبوكسي غير المتفاعل، بينما تعد مركبات الإيبوكسي عوامل قلوية قد تتسبب في تسمم السيتوبلازم في الخلية الحية مما يؤدي إلى ارتفاع معدل انقسام الخلايا. ومن أهم التطبيقات التي تجد رواجاً لراتنجات الإيبوكسي هي الطلاء الداخلي لعلب الغذاء المعدنية وكذلك التي تستخدم لحفظ الطعام، لذا يتحتم مراقبة هجرة مركب (BADGE) في الأغذية المحفوظة في علب معدنية. ويوجد طرق عديدة للكشف عن مركب (BADGE) في الغذاء منها: طريقة الكروماتوجرافيا السائلة باستخدام كاشف الأشعة فوق البنفسجية وطيف الكتلة.

٤,٢,١,٢ الإيسوسيانيت (Isocyanate)

يستخدم الإيسوسيانيت في صناعة عديد اليوريثين وهو ذو سمية عالية، حيث توصي بعض هيئات مراقبة تلوث الغذاء بمواد التعبئة والتغليف مثل هيئة المجتمعات الأوروبية (EUC) بعدم تجاوز متبقيات الإيسوسيانيت في المادة البلاستيكية المعدة لحفظ الغذاء مستوى ١ مجم/كجم.

٥,٢,١,٢ كابرولاكتام (Caprolactam)

تصنع بعض أوعية طهي الطعام من مادة عديد الاميد من النوع نايلون ٦ الذي يتم الحصول عليه من بلمرة مونومير الكابرولاكتام. وتشير الدراسات إلى إمكانية هجرة الكابرولاكتام إلى الماء المغلي[31]، إلا أنه لايعد ساماً في حد ذاته، ومع ذلك

فقد يسبب الكابرولاكتام تأخيراً لعملية التنظيم الحراري وجعل الغذاء مراً من حيث الطعم. ويتم الكشف عن مونومير الكابرولاكتام في مغلفات الأغذية المصنوعة من النايلون ٦ بطريقة الحل والترسيب ثم تحدد الكميات باستخدام تقنية الكروماتوجرافيا السائلة عالية الأداء (HPLC) المقترنة بكاشف الأشعة فوق البنفسجية عند طول موجة مقداره ٢١٠ نانومتر.

٦,٢,١,٢ أوليقوميرات عديد الإيثلين الترفثالاتي (PET oligomers)

سبق الحديث عن عديد الإيثلين الترفثالاتي في الفصل الأول وعلمنا أنه عبارة عن بوليمر مكون من جليكول الإيثلين وحمض الترفثالات أو ثنائي ميثيل الترفثالات. وتتركز غالب استخدامات عديد الإيثلين الترفثالاتي في صناعة قناني المياه والمشروبات الغازية وغيرها من المشروبات الأخرى كالعصائر واللبن وغيرها. كما يستخدم أيضاً لتعبئة بعض الأغذية كزيوت الطعام وزبدة اللوز وغيرها. إضافة إلى ماذكر آنفاً، فإن منتجات بلاستيك عديد الإيثلين الترفثالاتي تستخدم كأطباق وصواني للطهي العادي وعن طريق التسخين بفرن المايكروويف، وذلك نظراً لارتفاع درجة انصهار تلك المادة والتي تبلغ حوالي ٢٦٠°م. وقد يحتوي عديد الإيثلين الترفثالاتي على أوليقوميرات حلقية ذات أوزان جزيئية منخفضة عند مستويات تتراوح من ٠,٦ % إلى ١ %. ويتم تقدير هجرة اوليقوميرات عديد الإيثلين الترفثالاتي بطريقة الكروماتوجرافيا السائلة عالية الأداء. وقد اقترح باحثون طريقة للكشف عن أوليقوميرات عديد الإيثلين الترفثالاتي، وذلك بتحويل جميع الأوليقوميرات في خلاصة الغذاء إلى مونومير حمض الترفثالات، ثم يمرر المستخلص على جهاز كروماتوجرافيا الغاز المقترن بطيف الكتلة[33-32].

٧,٢,١,٢ مونوميرات أخرى

تشكل المواد التي تم التطرق لها في القسم السابق أهم المونوميرات المستخدمة في أغلب تطبيقات تعبئة وتغليف وحفظ الغذاء، إلا أنه يوجد مونوميرات أخرى يمكن أن ترتبط بتطبيقات الغذاء الملاصق لمواد التعبئة والتغليف البلاستيكية، ويوضح (الجدول م-٢) بعضاً من تلك المونوميرات.

٣,١,٢ مواد مهاجرة أخرى

إضافة إلى ماذكر في الأقسام السابقة حول المواد المهاجرة الأساس التي يمكن أن تنتقل إلى الغذاء من مواد التعبئة والتغليف البلاستيكية- أي المونوميرات والإضافات- توجد بعض الشوائب التي يمكن أن يحدث لها هجرة إلى الغذاء وذلك من جراء تفكك وتحلل بعض المواد المضافة والمونوميرات، والمواد الطيارة كالبنزين، والملوثات البيئية كالنفثالين. وفيما يلي نستعرض أهم تلك الشوائب التي يمكن أن توجد في الغذاء بفعل التلاصق مع مواد التعبئة والتغليف البلاستيكية.

١,٣,١,٢ نواتج التفكك (Decomposition products)

قد يحدث تفكك للمونومير أوالمادة المضافة للمغلفس البلاستيكي ومن ثم ينتقل إلى الغذاء تحت ظروف محددة، ومن الأمثلة على ذلك؛ تفكك مادة ثنائي فينيل كبريت اليوريا (DPTU) إلى مركبات، مثل: الإنيلين، والإيزوكبريت سيانات البنزين (ITCB)، وهذه المادة - أي الإيزو كبريت سيانات البنزين- تستخدم كمثبت حراري لبلاستيك عديد كلوريد الڤينيل.

٢,٣,١,٢ البنزين والمواد الطيارة (Benzene and volatiles)

أثبتت دراسة أن مركب البنزين يمكن أن ينتقل إلى الغذاء عبر علب التعبئة والتغليف المصنعة من مادة عديد الإيثلين الترفثالاتي الملوث[34]. وقد بينت دراسات أخرى أن البنزين والكيل البنزين يمكن أن يتكونا من خلال بعض أنواع المواد

البلاستيكية التي تستخدم لحفظ الغذاء عند درجات حرارة مرتفعة نسبياً[35-37]. كما اقترح بعض الباحثين طريقة للكشف عن المواد الطيارة خلال عملية التسخين بفرن المايكروويف[38]، وتتلخص تلك الطريقة بعمل مصيدة للمواد الطيارة التي تنشأ من جراء تسخين المغلف البلاستيكي داخل الفرن وذلك بنقل تلك المواد الطيارة إلى المصيدة بواسطة غاز طارد (Flush gas) ،ثم يتم عمل تحليل للنواتج بواسطة تقنية كروماتوجرافيا الغاز المقترن بطيف الكتلة.

٣,٣,١,٢ الملوثات البيئية (Environmental contaminants)

في الأجواء التي تتركز فيها الدهانات والأصباغ وكرات النفثالين الطاردة لحشرة العث، يزداد تركيز أبخرة النفثالين في الهواء مما يجعل فرصة انتشارها فيه وانتقالها إلى المادة الغذائية عن طريق مادة التغليف البلاستيكية سانحة. وقد أثبتت الدراسات احتواء الحليب المعبأ في حاويات بلاستيكية من نوع عديد الإيثلين عالي الكثافة على تراكيز مرتفعة نسبياً من النفثالين[39]. ويتم انتقال النفثالين إلى الغذاء- مثل الحليب- عبر خطوتين هما؛ أولاً: امتصاص النفثالين في الهواء بواسطة مادة التغليف البلاستيكية، وثانياً: هجرة النفثالين إلى الغذاء عبر مادة التغليف. وقد وجد أن كمية النفثالين المهاجرة إلى الغذاء- الحليب هنا- تزداد بزيادة معدل الدهون في الحليب. لذا يتوقع أن يكون الحليب قليل أو منزوع الدسم أقل امتصاصاً للنفثالين إذا ما قورن بالحليب كامل الدسم.

٤,٣,١,٢ شوائب أخرى

هناك مواد قد تؤثر على هجرة مكونات مادة التغليف البلاستيكية إلى الغذاء، ومنها على سبيل المثال مواد المعالجة والتصنيع (Processing agents)؛ مثل فوق أكسيد الهيدروجين الذي يستخدم كمعقم لمواد التعبئة والتغليف البلاستيكية المصنوعة من مادة عديد الإيثلين وعديد البروبيلين. ومن المواد الأخرى أيضاً التي

يمكن أن يكون لها أثر على هجرة مكونات المادة البلاستيكية إلى الغذاء، مادة الدايوكسين (Dioxins) التي توجد في عديد كلوريد الڤينيل.

٢,٢ ميكانيكية هجرة المادة البلاستيكية إلى الغذاء والعوامل المؤثرة فيها

يمكن تقسيم عملية هجرة مكونات مادة التغليف البلاستيكية إلى الغذاء إلى عدة مراحل كما يلي:

أولاً: الانتشار في حدود الشبكة الداخلية للمادة البلاستيكية.

ثانياً: ذوبان أو حل مكونات المادة البلاستيكية كالإضافات والمونوميرات والشوائب عند السطح البيني (Interface) للمادة البلاستيكية والغذاء.

ثالثاً: تشتت مكونات المادة البلاستيكية في قلب الغذاء.

ويمثل (الشكل ٢-٣) توضيحاً بيانياً لتلك المراحل الثلاث، و فيما يلي شرح لمراحل هجرة مكونات المادة البلاستيكية إلى الغذاء.

١,٢,٢ الانتشار (Diffusion)

يحدث خلال هذه المرحلة حركة عشوائية وانتقال لجزيئات المواد القابلة للهجرة من الإضافات والمونوميرات والشوائب داخل الشبكة الداخلية(*) لجدار مادة التغليف البلاستيكية (الشكل ٢-٣ (أ)). وهذا الانتقال الجزيئي في حدود المادة البلاستيكية يمكن أن يوصف باستخدام قانون فك الأول للانتشار (Fick's first law) كما يلي:

(*) للقارىء الكريم أن يتخيل وجود شبكة سلاسل غير منتظمة داخل جدار المادة البلاستيكية وهذا يعود إلى أن المادة البلاستيكية والتي هي مادة بوليمرية كما وضحنا ذلك سابقاً، تحتوي على سلاسل من الجزيئات بعضها منتظم الشكل ومتراص (بلوري) وبعضها عشوائي ومجوف هذا بالإضافة إلى وجود الفراغات التي لاترى بالعين المجردة داخل المادة البلاستيكية

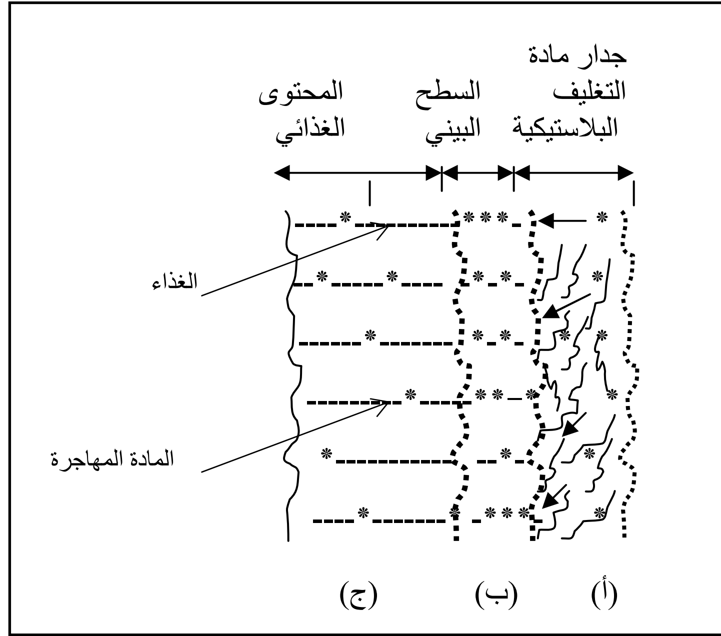
$$م = - أ (\Delta ت \backslash \Delta س) \qquad (١)$$

م	معدل انتقال المادة المهاجرة لكل وحدة مساحة من المادة البلاستيكية.

أ	معامل انتشار المادة المهاجرة في حدود المادة البلاستيكية.

ت	تركيز المادة المهاجرة في المادة البلاستيكية.

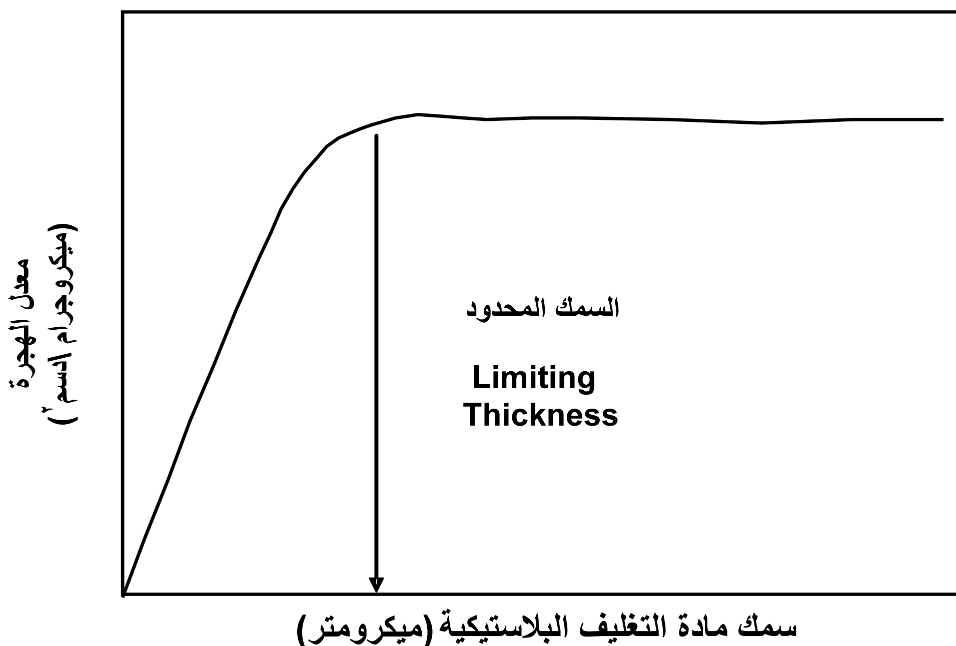
س	المحور الفضائي العمودي على السطح البيني للمادة البلاستيكية والغذاء.



شكل (٢-٣) ميكانيكية هجرة مكونات مادة التغليف البلاستيكية إلى الغذاء. (أ) الانتشار في حدود شبكة المادة البلاستيكية؛ (ب) حل وذوبان المادة المهاجرة في السطح البيني للمادة البلاستيكية والغذاء؛ (ج) تشتت المادة المهاجرة في الوسط الغذائي.

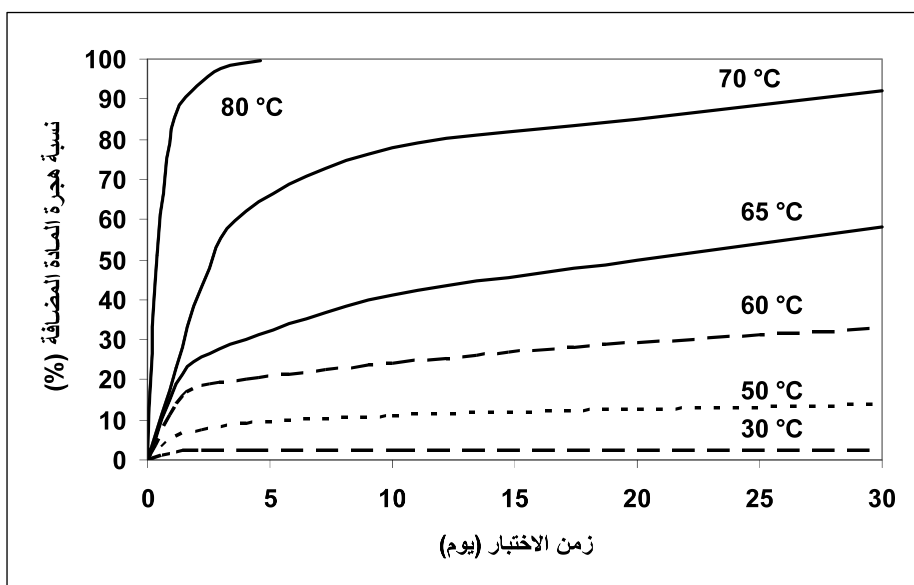
وفيما يختص بالمواد أو الشوائب المهاجرة إلى المادة الغذائية عبر مادة التغليف البلاستيكية التي يكون مصدرها البيئة المحيطة مثل مادة النفثالين والمواد العضوية الطيارة، فإن معدل هجرتها أو انتقالها إلى المادة الغذائية يعتمد على عدة عوامل من أهمها درجة التحور الزجاجي(*) للمادة البلاستيكية وهي ماتعرف اختصاراً بـ (T_g)، فالمواد البلاستيكية التي لها درجة تحور زجاجي أقل من درجة حرارة الغرفة- أقل من ٢٥° م- مثل عديد الإيثلين وعديد البروبلين تكون نفاذية الأبخرة العضوية عبرها عالية مقارنة بتلك التي لها درجة تحور زجاجي أعلى من درجة حرارة الغرفة مثل عديد الستايرين وعديد كلوريد الڤينيل. ومن العوامل التي تؤثر على معدل هجرة مكونات المادة البلاستيكية إلى الغذاء؛ سمك مادة التغليف حيث وجد أن معدل الهجرة يتغير مع سمك المادة المغلفة ويصل إلى قيمة ثابتة عند حدٍ معين يسمى السمك المحدود (Limiting thickness) (الشكل ٢-٤)، وتتغير قيمة هذا الحد حسب طبيعة مادة التغليف البلاستيكية المستخدمة، فعلى سبيل المثال تكون قيمة السمك المحدود عالية لمادة عديد البروبلين يليه عديد الإيثلين عالي الكثافة، ثم عديد الإيثلين منخفض الكثافة الذي يتمتع بأقل سمك محدود في عائلة عديد الالوفينات[40].

(*) درجة التحور الزجاجي هي درجة الحرارة التي تتحول عندها المادة البوليمرية- البلاستيكية هنا- من الحالة الشبيهة بالزجاج إلى الحالة المطاطية، أي بعبارة أخرى يتحول البوليمر من مادة قاسية وسهلة الكسر إلى مادة متينة ومرنة.



شكل (٢-٤) أثر سمك مواد التعبئة والتغليف البلاستيكية على كمية الهجرة إلى الغذاء.

ومن العوامل الأخرى المهمة التي تزيد من معدل هجرة مكونات مادة التغليف البلاستيكية كالإضافات وغيرها؛ درجة الحرارة وزمن التلاقي بين المادة الغذائية وجدار مادة التغليف. ويبين (الشكل ٢-٥) أثر ارتفاع درجة الحرارة والزمن على هجرة مادة ستيرات البيوتيل(butyl stearate) التي تستخدم كمادة مضافة لعديد الستايرين- إلى الأغذية الشبيهة بزيوت الطعام. ويلاحظ من (الشكل ٢-٥) أنه عند درجات حرارة عالية (أي أعلى من ٦٠ °م)، يلزم زمن قصير جداً لهجرة معظم مادة ستيرات البيوتيل إلى الغذاء من عديد الستايرين الذي يستخدم في صناعة الأطباق والصحون والملاعق بألوان مختلفة وغيرها. وقد بينت دراسة حديثة[41] أن مادة ثنائي ڤينيل البيوتادائين (DPBD)- وهي من الإضافات لبلاستيك عديد الإيثلين منخفض الكثافة الذي يستخدم على هيئة رقائق شفافة لتغليف اللحوم- تهاجر إلى لحم الدجاج بمعدل ١٢ ميكروجرام / سم^{٢} عند درجات حرارة منخفضة تتراوح من ٥ إلى ٢٥ °م.



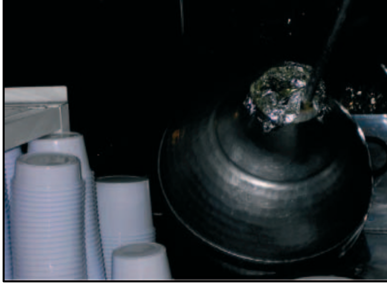
شكل (٢-٥) أثر درجة الحرارة والزمن على هجرة الإضافات إلى الغذاء في مواد التعبئة والتغليف البلاستيكية. (أعيد رسمه من المرجع رقم ١)

وقد وجد في هذه الدراسة أيضاً أن معدل الهجرة يزداد بزيادة نسبة الدهون في اللحم. وبمناسبة الحديث عن أثر درجة الحرارة على شدة هجرة مكونات مادة التعبئة والتغليف البلاستيكية إلى الغذاء، يجدر أن نحذر من خلال هذا الكتيب من خطورة بعض الممارسات التي تبدر من المجتمع أثناء التعامل مع المواد البلاستيكية لنقل وحفظ الأطعمة بمختلف أشكالها. ومن تلك الممارسات الخاطئة مايلاحظ عند جلب الأطعمة الساخنة من المطاعم والمخابز وغيرها من المحلات التجارية حيث يعمد الكثير إلى وضع الطعام في الحاوية البلاستيكية سواءً كانت كيساً أو طبقاً أو نحو ذلك، مما يزيد من شدة هجرة مكونات المادة البلاستيكية إلى الطعام نظراً للارتفاع الشديد لدرجة حرارة الطعام أثناء وضعه في الحاوية البلاستيكية. ومن أبرز الأمثلة على ذلك، وضع خبز التنور (مثل خبزالتميس) في

الأكياس البلاستيكية، وكذلك جلب الأطعمة الساخنة كالفول في أطباق عديد الستايرين البيضاء كما يوضح ذلك (الشكل ٢-٦).



(أ)



(ب)



(ج)



(د)

شكل (٢-٦) من التصرفات الخاطئة وضع الطعام الساخن في الحاويات البلاستيكية. (أ) و (ب) استخدام أطباق عديد الستايرين للماكولات الساخنة كالفول، (ج) استخدام أكياس عديد الإيثلين في مخابز التميس وغيرها، (د) تناول المشروبات الساخنة كالشاي والقهوة في أكواب غير ملائمة كأكواب عديد الستايرين غير الرغوية (غير الفلينية).

لهذا ينبغي أن لايوضع الخبز مباشرة في الكيس ويستعاض عن ذلك باستخدام الورق أو الكرتون وأن لايتم وضعه في الكيس البلاستيكي إلا عند انخفاض درجة الحرارة. أما مايخص الأطعمة الساخنة كالفول والحساء وغيرها فيجب الاستعاضة عن الأطباق البلاستيكية بحوافظ الطعام المصنوعة من المعدن. ومن التصرفات غير السليمة أيضاً استخدام الحاويات والقنينات البلاستيكية مسبقة الاستعمال لحفظ وخزن مختلف الأطعمة بدون معرفة مناسبة نوع المادة البلاستيكية لتلك الأطعمة، فمثلاً عند وضع مادة دهنية كزيت الطعام أو زيت الزيتون - وهذا يكثر مشاهدته عند كثير من الناس- في حاوية مصنوعة من عديد الستايرين فإن ذلك يشكل خطورة على الطعام؛ نظراً لأن عديد الستايرين لايصلح لتعبئة وحفظ الأطعمة الدهنية. ويبين (الشكل ٢-٧) بعض الأمثلة على الاستخدام الخاطيء لحفظ الأطعمة في حاويات بلاستيكية مستعملة، وربما لاتكون مناسبة لنوع الطعام الموضوع فيها.







(أ)




(ب)

شكل (٢-٧) (أ) استخدام علب بلاستيكية مستعملة وغير مناسبة لتعبئة بعض المشروبات والأطعمة كالعسل والمخللات والخلطات المنزلية لغرض العلاج وغيرها، (ب) يشيع تعبئة الزيوت ومنها زيت الزيتون في علب بلاستيكية مستعملة لاتناسب وضع الزيت فيها.

٢,٢,٢ الذوبان والحل (Solvation)

بعد أن تتحرك المواد المهاجرة من المادة البلاستيكية إلى السطح البيني تحدث عملية ذوبان أو حل للمواد المهاجرة في المادة الغذائية (الشكل ٢-٣ (ب)). وكلما كانت المواد المهاجرة أكثر قابلية للذوبان في المادة الغذائية زاد تركيزها في تلك المنطقة- أي منطقة السطح البيني- وهذا يؤدي إلى سهولة انتقالها إلى الوسط الغذائي وعندها تكون معدلات الهجرة مرتفعة. ومن ناحية أخرى، كلما كانت المواد المهاجرة شحيحة أو قليلة القابلية للذوبان في المادة الغذائية عند السطح البيني، أدى ذلك إلى اضمحلال المادة المهاجرة وتلاشيها من منطقة الالتقاء بين المادة البلاستيكية والغذاء- السطح البيني- وبالتالي يؤدي ذلك إلى إعاقة هجرة مكونات مادة التغليف البلاستيكية إلى الغذاء. ولهذا يزداد القلق بشأن تلوث الغذاء ذي الطابع الدهني بمواد التعبئة والتغليف البلاستيكية؛ نظراً لأن معظم المواد البلاستيكية وما تحتويه من إضافات، هي مواد قابلة للذوبان في الوسط الدهني بشكل جيد.

وقد وجد بعض الباحثين أن الجبن المغلف برقائق بلاستيك عديد كلوريد الڤينيل يحتوي على مادة الأديبات وهي من الإضافات التي تستخدم لتسهيل تصنيع عديد كلوريد الڤينيل، كما وجد أن محتوى الأديبات في الجبن يزداد بشكل دالة أسية مع كمية الدهون في الجبن[42].

٣,٢,٢ التشتت (Dispersion)

بعد أن تتخطى المواد المهاجرة الذائبة في الغذاء منطقة السطح البيني، فإنها تنتشر في قلب المادة الغذائية (الشكل ٢-٣ (ج)). ويعتقد الباحثون أن خلط وتقليب المادة الغذائية داخل مادة التغليف البلاستيكية ربما يؤدي إلى زيادة في معدلات الهجرة إلى الغذاء؛ وذلك لأن شدة الخلط والتقليب ينتج عنها تحسين في ذوبان وحل المواد المهاجرة من المادة البلاستيكية إلى الغذاء من خلال الإزالة الآنية لما يتم حله

وذوبانه من مواد مهاجرة عند السطح البيني[43]. هذا بشرط فرض قابلية ذوبان المواد المهاجرة في المادة الغذائية عند السطح البيني، حيث أن درجة الذوبان ومعامل الانتشار (معادلة ١) يعدان عاملين مهمين للتحكم في معدل هجرة المواد والشوائب من مادة التغليف البلاستيكية إلى الغذاء.

٣,٢ نماذج رياضية لتقدير معدل هجرة مكونات المادة البلاستيكية إلى الغذاء

جرت العادة أن تستقى بيانات هجرة مكونات مواد التعبئة و التغليف البلاستيكية إلى الغذاء من تطبيق اختبارات الهجرة اللازمة على شبيهات الأغذية كالماء وزيوت الطعام ومحاليل الإيثانول المائية. وبالرغم من أهمية هذه الاختبارات لتقدير الخطر المحتمل من انتقال مكونات المادة البلاستيكية إلى الغذاء، إلا أن تلك الاختبارات تتصف بالكلفة المادية العالية ويتطلب إجراؤها زمناً طويل. لذا يلجأ العلماء والباحثون إلى استخدام النماذج الرياضية لحدس معدلات الهجرة في الغذاء. وجميع النماذج الرياضية التي طورت لتقدير هجرة مكونات المادة البلاستيكية إلى الغذاء تخضع لقانون فك للانتشار (معادلة ١)، ومعادلة ارهينيوس التي تصف أثر درجة الحرارة على معدلات الهجرة. ويوجد العديد من النماذج الرياضية التي طورت على مر العقود الماضية، ويوضح (الجدول ٢-٢) أهم تلك النماذج.

جدول (٢-٢) بعض النماذج الرياضية لتقدير معدل هجرة مكونات المادة البلاستيكية إلى الغذاء.

اسم النموذج	معادلة النموذج	شرح النموذج
كرانك[44]	هـ$_{ز}$ = ٢ • ت. (م • ز\ط)$^{(١\٢)}$	طور هذا النموذج لحساب كمية الهجرة من البوليمر (المادة البلاستيكية) إلى مذيب استخلاص حيث **هـ$_{ز}$** تعني الكمية الإجمالية للهجرة من البوليمر في زمن معين ، والحد **ت.** يعني التركيز الابتدائي للمواد المهاجرة في البوليمر، و **م** هي معامل الانتشار للمواد المهاجرة في البوليمر. ومن عيوب هذا النموذج أنه يفترض الخلط الجيد للمذيب وعدم تشبعه مع المواد المهاجرة.
بانر[45]	ت$_{ز}$= مط • ك • ت$_{.}$ (م • ز)$^{(١\٢)}$ م = (١٠^{٤}) • دالة أسية{أب – أ١ • وج – أ٢ • ح$^{-١}$}	**تز** تعني تركيز المواد المهاجرة في الغذاء، **مط** تعني المساحة السطحية لمادة التغليف البلاستيكية، **ك** تعني كثافة البوليمر أو مادة التغليف البلاستيكية، أب تدل على أثر البوليمر في الانتشار، **وج** تعني الوزن الجزيئي النسبي للمواد المؤثرة في عملية الهجرة، **ح** تعني درجة الحرارة بالتقدير المطلق، وأخيراً فإن **أ١ وأ٢** هما ثابتان يدلان على أثر درجة الحرارة والوزن الجزيئي على عملية الانتشار.

تيل[46]	هـ$_{ز}$ = ٢ • ت$_{.}$ (٢• م • ز\ط)$^{(٢\١)}$ {ب\(ب+١)} ب = ک (م$_{م}$ \ م)$^{(٢\١)}$	يعتبر تطويراً لنموذج كرانك حيث أنه وخلافاً لنموذج كرانك يأخذ بالحسبان معامل الانتشار للمواد المهاجرة في المذيب، أي الغذاء، ولذا فإن هذا النموذج يعتبر الحالة الحقيقية وذلك عندما يكون المذيب أو الغذاء غير متحرك ومتشبع بالمواد المهاجرة. **ک** يعني معامل الاتزان الجزيئي، **م$_{م}$** هو معامل الانتشار للمواد المهاجرة في الغذاء.
فرانز[47]	هـ$_{ز}$ = ٢\(ط)$^{(٢\١)}$ {ت • (١+طح\ن)– ت$_{ح}$ • طـــــح\ن}ك$_{ن}$ •(م)$^{(٢\١)}$ {(ث + ز)$^{(٢/١)}$ – (ث)$^{(٢\١)}$ }	يعتبر هذا النموذج تطويراً أيضاً لنموذج كرانك بحيث يبين تأثير وجود طبقة حاجزة بلاستيكية تكون فاصلاً بين المادة الغذائية ومادة التغليف البلاستيكية المعاد تدويرها كما اقترح ذلك بعض الباحثين كحل لإعادة استخدام الكميات الهائلة من نفايات مواد تعبئة وتغليف الغذاء البلاستيكية لنفس الغرض وهو تعبئة الغذاء. **ت** تعني تركيز المواد المهاجرة في المادة البلاستيكية، **طح** تعني سمك الطبقة الحاجزة، بينمان **ن** تعني سمك المادة البلاستيكية المعاد تدويرها، **ت**ح تعني تركيز المادة المهاجرة في الطبقة الحاجزة، **ك**ن تعني كثافة المادة البلاستيكية المعاد تدويرها، وأخيراً فإن **ث** تعني زمن التأخير للمادة المهاجرة عبر الطبقة الحاجزة.

الفصل الثالث

هيئات ومنظمات مراقبة تلوث الغذاء بالمواد البلاستيكية

مقدمة

يوجد العديد من الأسئلة التي يجب الإجابة عنها بكل وضوح وشفافية وذلك فيما يتعلق بالمواد البلاستيكية التي تستخدم في حفظ وتغليف وتعبئة الغذاء بمختلف صوره وهيئاته. ويكون الأمر ملحاً بالنسبة لمواد التعبئة والتغليف البلاستيكية التي تتسم بحداثة طرحها في أسواق الغذاء وغيرها من المحلات التجارية. ومن تلك الأسئلة المهمة مايلي:

١. هل نوع المادة البلاستيكية مصرح به للاستخدام في تعبئة وتغليف الغذاء؟

٢. هل جميع المكونات الداخلة في تركيب مادة التغليف البلاستيكية بما فيها المونومير والإضافات مصرح بها ويوجد لها قوائم تنظم الحدود المسموح بها من تلك المواد؟

٣. ماهي كميات ومعدلات الهجرة المتوقعة (الهجرة النوعية (**SML**) والإجمالية (**OML**)) (*) من جراء استخدام المادة البلاستيكية لأغراض تعبئة وتغليف الغذاء؟

إن توفر الإجابة الدقيقة عن الأسئلة المذكورة أعلاه لهو في غاية الضرورة من أجل المحافظة على الصحة العامة للمجتمع، وهذا ماحدا بدول العالم المتقدم أن تهتم بهذا المجال الحيوي أيما اهتمام وتنشيء لذلك الهيئات والمنظمات والاتحادات التي تسن التشريعات والأنظمة التي تخص مراقبة وضبط التلوث المحتمل للغذاء من

(*) يقصد بالهجرة النوعية هجرة كل مكونة من مكونات المادة البلاستيكية مثل الإضافات بمختلف أنواعها على حدة، أما الهجرة الإجمالية فهي مقدار ماينتقل من المادة البلاستيكية إلى الغذاء بشكل عام.

مـواد التعبئـة والتغليـف البلاسـتيكية مـن أجـل حمايـة المـستهلكين. ومـن ناحيـة تنظيميـة فإنـه يوجـد قـوائم سـلبية وأخـرى إيجابيـة تحـدد ماهيـة المـواد التـي يـسمح أو لايسمح بأن تكون على اتصال فيزيائي ومباشر بالغذاء مثل مـواد التعبئـة والتغليـف البلاسـتيكية. وتعنـي القائمـة الإيجابيـة بتحديـد جميـع المـواد والمكونـات التـي يـسمح باستخدامها لتعبئة وتغليف الغذاء، كمـا تحـدد تلـك القائمـة أيـضاً التراكيـز المـسموحة مـن تلـك المكونـات كـالهجرة الإجماليـة والنوعيـة ونـوع الغـذاء. أمـا القائمـة الـسلبية فتحـدد المـواد التـي يحظـر اسـتخدامها كمـواد ملاصـقة للغـذاء. وعـادة تلجـأ منظمـات وهيئـات الغـذاء العالميـة إلـى الاسـتعانة بالقائمـة الـسلبية لمراقبـة تلـوث الغـذاء بمـواد التعبئة والتغليف نظراً لسهولة إعدادها ومحدودية عناصرها.

ولعله من الضروري أن نشير إلى أن موضوع اختيار مادة معينة لتغليف وحفظ الغذاء ليس بالأمر اليسير لأن ذلك لا يتطلب تنظيمات تشريعية فحسب، بل يتطلب أيضاً اعتبارات علمية من أجل ضمان عدم استبعاد مادة ما إلا بوجود مستند علمي لذلك. وفيما يلي نستعرض أهم الهيئات والمنظمات التي تعنى بصحة الغذاء على المستوى العالمي وبالتحديد من واقع الدول المتقدمة، ثم يلي ذلك استعراض لوضع مراقبة تلوث الغذاء بمواد التعبئة والتغليف البلاستيكية في المملكة العربية السعودية.

١,٣ الولايات المتحدة الأمريكية

تعد التنظيمات والتشريعات الخاصة بمراقبة تلوث الغذاء بمواد التعبئة والتغليف البلاستيكية في الولايات المتحدة الأمريكية معقدة وصارمة بحيث تشمل مواصفات محددة للمادة الخام التي تصنع منها مواد التغليف البلاستيكية مثل كمية المونومير المتبقي في مادة التغليف البلاستيكية والإضافات. ويتم تحديد المستوى المسموح به لهجرة المواد الضارة من مادة التغليف البلاستيكية إلى الغذاء، وكذلك يتم وضع مواصفات للاختبارات التي ينبغي إجراؤها على الأطعمة المغلفة بالمواد البلاستيكية. ومن تلك الاختبارات على سبيل المثال؛ استخلاص قصير المدى تحت ظروف مختلفة من الزمن ودرجة الحرارة ونوع المادة المذيبة في الطعام كالزيوت وغيرها.

وقد أدت هذه القوانين والتنظيمات الصارمة لمراقبة التلوث الغذائي بالمواد البلاستيكية والتحكم فيه إلى عدم السماح لأي منتج غذائي يكون مغلفاً أو معبأ بمادة بلاستيكية للنزول في الأسواق قبل موافقة إدارة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA)[48]. حيث تقوم تلك الإدارة بوضع وسائل السلامة الابتدائية للتعامل مع مواد التعبئة والتغليف البلاستيكية. وفي حالة الاشتباه بأن المادة البلاستيكية المخصصة لتغليف وتعبئة الغذاء يمكن أن يحدث لها أو لأحد مكوناتها هجرة إلى الغذاء فإنها تخضع للاختبارات اللازمة لدراسة السمية، ومن ثم وضع مقاييس السلامة الخاصة بها أو رفضها في حالة كونها شديدة السمية. وفي حالة عدم توفر معلومات عن سمية المادة المهاجرة إلى الغذاء فإنها تكون آمنة الاستعمال إذا كان تركيزها في الغذاء لايتعدى ٠,٥ جزء في البليون (ppb). ومن أشهر التنظيمات الأمريكية التي تختص بتلوث الغذاء بالمواد البلاستيكية هو كود التنظيمات الفيدرالي (US CFR)، حيث بين جميع الإضافات غير المباشرة في الغذاء ويقصد

بها هنا هجرة مكونات مواد التعبئة والتغليف البلاستيكية وذلك من خلال أكثر من ٢٦٥ صفحة، ووضعت متطلبات السلامة لهذه الإضافات. ومنذ بداية التسعينيات من القرن الميلادي الماضي، اتخذت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية خطوة جريئة وذلك بالسماح للمواد البلاستيكية المسترجعة من النفايات البلاستيكية بأن تستخدم كمواد ملاصقة للغذاء ضمن شروط محددة. وكان الدافع وراء هذه الخطوة الجريئة هو الزيادة الكبيرة في حجم النفايات البلاستيكية وخاصة التي تستخدم لأغراض تغليف وتعبئة الغذاء ومحاولة الاستفادة منها بدل طمرها مع النفايات الأخرى. وقد أعدت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية وثيقة أسمتها " استخدام المواد البلاستيكية المعاد تدويرها في تعبئة الغذاء: اعتبارات كيميائية"، بحيث تشكل مرجعاً يستند عليه في تحديد أهلية المواد البلاستيكية المعاد تدويرها لأن تكون مواداً ملاصقة للغذاء. وتشترط المديرية على مصنعي المواد البلاستيكية تزويدها بمعلومات ضرورية من أجل الحصول على تصريح لإنتاج مواد لتغليف وتعبئة الغذاء من المواد البلاستيكية المعاد تدويرها، ومن تلك المعلومات مايلي:

١. وصف كامل لعملية إعادة التدوير ومصدر المواد البلاستيكية التي يعتزم إعادة تدويرها، بالإضافة إلى بيانات عن الشوائب إن وجدت.
٢. اختبارات إزالة الشوائب من المواد البلاستيكية، وفي حالة التدوير الكيميائي فلا حاجة لتلك الاختبارات.
٣. وصف عن الاستخدام المزمع للمادة البلاستيكية في مجال تعبئة الغذاء والظروف المصاحبة كدرجة الحرارة ونوع الغذاء وزمن التلاقي وغيرها.

وقد تم التصريح لأكثر من مئة مصنع لإنتاج مواد تعبئة وتغليف من المواد البلاستيكية المعاد تدويرها وذلك في الفترة من ١٩٩٠ م وحتى نهاية ٢٠٠٧ م. وقد

تراوحت الاستخدامات لتلك المنتجات بين استخدامات عادية ـ مثل استعمال عديد الستايرين و عديد الإيثلين الترفثالاتي المعاد تدويرهما كأطباق لحمل البيض والخضروات واستخدام بعض المواد البلاستيكية الأخرى كأكياس للتسوق- إلى استخدامات أساس مثل تصنيع حاويات للبن تحتوي على ٥٠% من مادة عديد الإيثلين المعاد تدويرها وغيرها من الاستخدامات الأخرى.

٢,٣ الاتحاد الأوروبي (EU)

في نهاية الخمسينيات من القرن الميلادي الماضي، بدأت السلطات الألمانية والإيطالية بإصدار أولى التنظيمات الخاصة بهجرة المواد البلاستيكية إلى الغذاء. وفي عام ١٩٧٢ م قامت هيئة المجتمعات الأوروبية (CEC)، وهي منظمة تعنى بايجاد سوق موحد لأوروبا آنذاك، بوضع برنامج لتفعيل الأدلة- هي إجراءات شرعية يقوم بها المجتمع وتدعم بقانون وطني- المنظمة لمواد التغليف الملاصقة للغذاء ومنها المواد البلاستيكية. وعلى ضوء ذلك قامت الهيئة بوضع الأطر لتلك الأدلة وحددت المبادئ ونصت على المواد التي تحتاج الى تنظيم ووضعت تصوراً للطرق والظروف التي يمكن استخدامها لتبني تنظيمات نوعية لجميع المواد الملاصقة للغذاء والتي يحتمل أن تنقل مكوناتها إلى المادة الغذائية. وقد صدر أول دليل اوروبي شامل لتنظيم وتشريع موضوع تلوث الغذاء بمواد التغليف البلاستيكية في مدينة بروكسل في عام ١٩٧٦م، وقد حدد هذا الدليل الطرق التحليلية التي يجب اتباعها لوضع الحدود المسموح بها لهجرة مكونات المادة البلاستيكة إلى الغذاء. وقد تبع ذلك صدور المزيد من الأدلة في الأعوام ١٩٨٠م و حتى ٢٠٠٧م. ويبين (الجدول ٣-١) أهم تلك الأدلة ومدلولاتها[49]. وكان من أبرز محتويات تلك الأدلة وضع طريقة تحليلية للتقدير الدقيق لمحتوى أو مستويات مادة كلوريد الفينيل في مواد تعبئة وتغليف الغذاء البلاستيكية. كما تبين تلك الأدلة القيم الحدية لبعض

المونوميرات الحرة غير المتحولة إلى مادة بوليمرية (أو بلاستيكية) الموجودة في مادة التغليف البلاستيكية. وينص التشريع الأوروبي للغذاء على ضرورة حماية صحة المجتمع وذلك بمنع تلوث الغذاء بمواد التغليف، ولذا فقد تم وضع حد للهجرة الإجمالية (OML) لمواد التعبئة والتغليف البلاستيكية إلى الغذاء وهو ٦٠ مجم من مادة التغليف البلاستيكية لكل ١ كجم من الغذاء أو شبيهات الأغذية عند إجراء اختبارات الهجرة. أما مايخص الهجرة النوعية (SML)، فقد حددت على أساس أن الشخص الذي يزن ٦٠ كجم يستهلك ١ كجم من الغذاء المعبأ في مادة بلاستيكية تحتوي على مكونات مختلفة كالإضافات والمونوميرات عند أقصى حد مسموح به.

جدول (٣-١) أهم الأدلة المنظمة لتلوث الغذاء بمواد التعبئة والتغليف البلاستيكية في الاتحاد الأوروبي.

رقم الدليل وتاريخه	المدلول
80/766/EEC (١٩٨٠ م)	طرق الكشف عن كلوريد الڤينيل في بلاستيك عديد كلوريد الڤينيل.
81/432/EEC (١٩٨١ م)	طرق الكشف عن كلوريد الڤينيل في الغذاء.
82/711/EEC (١٩٨٢ م)	قواعد أساسية لاختبارات الهجرة من المواد البلاستيكية.
85/572/EEC (١٩٨٥ م)	قائمة بالمواد الشبيهة بالأغذية لإجراء اختبارات الهجرة.
90/128/EEC (١٩٩٠ م)	قائمة المواد البلاستيكية الملاصقة للغذاء: مونوميرات.
92/39/EEC (١٩٩٢ م)	قائمة المواد البلاستيكية الملاصقة للغذاء: مونوميرات (التمديد الأول)
93/8/EEC (١٩٩٣ م)	قواعد أساسية لاختبارات الهجرة من المواد البلاستيكية (التمديد الأول).
93/9/EEC (١٩٩٣ م)	قائمة المواد البلاستيكية الملاصقة للغذاء: مونوميرات (التمديد الثاني)
97/48/EC (١٩٩٧ م)	قواعد أساسية لاختبارات الهجرة من المواد البلاستيكية (التمديد الثاني).
2002/72/EC (٢٠٠٢م)	قائمة المواد البلاستيكية الملاصقة للغذاء: مونوميرات وإضافات (التمديد السابع)
2004/19/EC (٢٠٠٤م)	قائمة المواد البلاستيكية الملاصقة للغذاء: مونوميرات وإضافات (التمديد الثامن)
2005/79/EC (٢٠٠٥م)	قائمة المواد البلاستيكية الملاصقة للغذاء: مونوميرات وإضافات (التمديد التاسع)
2007/19/EC (٢٠٠٧م)	قائمة المواد البلاستيكية الملاصقة للغذاء (مونوميرات وإضافات) ،وتحديد المواد الشبيهة بالأغذية لإجراء اختبارات الهجرة (التمديد العاشر).

٣,٣ المملكة العربية السعودية

على الرغم من وجود جهات رقابية تعنى بصحة الغذاء في بعض الوزارات والهيئات الحكومية كوزارة التجارة والصناعة ووزارة الزراعة وأمانات المدن والهيئة العربية السعودية للمواصفات والمقاييس، إلا أنه لايوجد تشريعات وأنظمة تتعلق بمراقبة وتنظيم التلوث المحتمل للغذاء بمواد التعبئة والتغليف البلاستيكية بحيث تكون تلك الأنظمة خاصة بما يتداول في المملكة وما تستقبله الأسواق يومياً من سلع غذائية ملاصقة للمواد البلاستكية من مختلف بلدان الاستيراد، وتقدم للمستهلكين بدون توفر أي بيانات حول ملائمة مادة التغليف للغذاء الذي تحتويه. وربما يكون هذا الدور من ضمن أحد أهم الأدوار للهيئة العامة للغذاء والدواء التي أنشأت موخراً في ١٤٢٤/١/٧ هـ بغرض ضمان سلامة الغذاء والدواء للإنسان بشكل أساس. وقد حددت الهيئة أهدافاً ثمانيةً تقع ضمن أهم اهتماماتها ومنها على سبيل المثال؛ سلامة ومامونية وفاعلية الغذاء والدواء للإنسان والحيوان، وسلامة المنتجات الإلكترونية من التأثير على الصحة العامة، والمراقبة والإشراف على الإجراءات الخاصة بالتراخيص لمصانع الغذاء والدواء والأجهزة الطبية وغيرها. ولم يرد من ضمن الأهداف الأساس مايختص بمراقبة هجرة المواد الضارة إلى الغذاء من مواد التعبئة والتغليف بشكل عام وخاصة المواد البلاستيكية؛ نظراً لاتساع استخدامها في حفظ وتعبئة الغذاء. لهذا نرى من الضرورة أن تبادر الهيئة بادراج موضوع مراقبة تلوث الغذاء بمواد التعبئة والتغليف، وربما يندرج ذلك ضمن هدفها الخامس الذي ينص على وضع السياسات والإجراءات الخاصة بالغذاء والدواء والتخطيط لتحقيقها.

خاتمة

لايمكن لمساحة في حجم هذا الكتيب أن تحيط بجميع أبعاد موضوع حيوي يتعلق بصحة الإنسان، كموضوع هجرة مكونات مادة التغليف البلاستيكية إلى الغذاء والأخطار المحتملة من جراء ذلك، إلا أن ماورد في هذا الكتيب من خلال فصوله الثلاثة ماهو إلا محاولة للتنبيه إلى أهمية الموضوع وحث القارئ على الاستزادة في هذا المجال من خلال ماذكر من مراجع تم الاستعانة بها لإعداد هذا الكتيب. ولعل أهم توصية نختتم بها هي ضرورة إنشاء إدارة تكون مسئولة عن مراقبة التلوث المحتمل للغذاء بمواد التعبئة والتغليف بشكل عام وخاصة المواد البلاستيكية في المملكة . والمكان المناسب لاحتضان مثل هذه الإدارة ربما يكون الهيئة العامة للغذاء والدواء حيث يمكن للهيئة أن تحذو حذو مثيلاتها في الدول المتقدمة مثل إدارة الغذاء والدواء الأمريكية من ناحية إصدار الأدلة والتشريعات التي تضبط هجرة مكونات مادة التغليف إلى الغذاء. ولها، أي الهيئة، أن تتبنى ماورد من تشريعات وتنظيمات دولية في هذا المجال ويكون لها أيضاً تنظيمات خاصة بها تتناسب مع طبيعة المملكة والمواد الموجودة فيها ومصدرها وأنواعها، بحيث تقوم الهيئة ببناء مختبرات حديثة تمكنها من إجراء جميع اختبارت الهجرة بدقة وكفاية لجميع المواد التي لاتتوفر لها بيانات سمية أو يكون مصدرها مجهول.

الاختصارات والمصطلحات

BADGE	Bisphenol A diglycidyl ether
CNS	Central nervous system
CEC	Commission for European communities
DPTU	Diphenylthiourea
DPBD	Di-phenyl butadiene
ESBO	Epoxidized soy bean oil
ECD	Electron capturing beam
EU	European union
EUC	European union communities
EPA	Environmental protection agency
FDA	Food and drug administration
GC-MS	Gas chromatography-mass spectrometer
HPLC	High performance liquid chromatograph
HALZ	Hindered amine
HIPS	High impact polystyrene
HDPE	High density polyethylene
ITCB	Isothiocyanatobenzene
LDPE	Low density polyethylene
LLDPE	Linear low density polyethylene
OML	Overall migration limit
PO	Polyolefins
PE	Polyethylene
PP	Polypropylene
PET	Polyethyleneterephthalate
PC	Polycarbonate
PS	Polystyrene
PVC	Polyvinylchloride
Ppm	Part per million
Ppb	Part per billion
PHO	Phenyloxirane
SML	Specific migration limit
T_g	Glass transition temperature
TPP	Tri-phenyl phosphate
US CFR	United state code of federal regulations
UV	Ultraviolet
VC	Vinyl chloride

الملاحق

جدول (م-١) بعض أهم الإضافات لمواد التعبئة والتغليف البلاستيكية(*).

اسم المادة المضافة (الاسم البديل والاختصارات، أو الأمثلة)	***الصيغة الجزيئية الكيميائية***	***الاستخدامات***	***معلومات الهجرة و السمية والأخطار الصحية(**)***
حمض دهني (بنزيل بيوتيل الأستر)	$C_{17}H_{24}O_4$	ملدن لبلاستيك عديد كلوريد الفينيل.	مثير للأعصاب ويسبب فقدان التوازن والأنيميا (مقدار الجرعة = ١٩,٤ جم من المادة لكل كجم من وزن الجسم).
حمض دهني (ثنائي(٢-إيثيل هيكسيل) الأستر، DEHA، DOA (ثنائي اوكتيل الفثالات))	$C_{22}H_{42}O_4$	ملدن جيد لعديد كلوريد الفينيل ومركباته البوليمرية، ويصلح كملدن لمعظم المواد البلاستيكية القطبية.	**الهجرة:** أثبتت الدراسات هجرة مادة DOA من رقائق عديد كلوريد الفينيل إلى زيت الزيتون والماء المقطر وذلك أثناء التسخين في فرن المايكروويف لمدة تصل إلى ١٠ دقائق، وكانت معدلات الهجرة: ٦٠٤,٦ مجم\لتر في زيت الزيتون، و ٧٤,١ مجم\لتر في الماء المقطر. أما مادة DEHA فقد وجدت عند معدلات هجرة مرتفعة تقدر بحوالي ١٥٠ مجم\كجم في الجبن المغلف بمادة عديد كلوريد الفينيل لمدة ١٠ ايام.

			السمية والأخطار الصحية: التعرض لكمية من مادة DEHA تتراوح من ١ إلى ٥ % في الغذاء لمدة أسبوع إلى شهر يسبب تراجع عكسي في الدهون الثلاثية وتركيز الكلسترول في بلازما الدم وزيادة في حجم الكبد، كما يؤدي ذلك أيضاً إلى عرقلة الزيادة الطبيعية لوزن الجسم. وقد صنفته وكالة حماية البيئة الأمريكية على أنه من مسببات السرطان المحتملة في الإنسان، وحددت الوكالة أن أقصى تركيز مسموح به من تلك المادة في الماء هو ٠,٥ مجم\لتر
١-أمينو-٢-بروبانول (AP)	C_3H_9NO	يستعمل كعامل استحلاب وملدن للمواد البلاستيكية المستخدمة في تعبئة الغذاء.	التسمم بتلك المادة يحدث تثبيطاً لمركز التحكم العصبي ويؤثر على التوازن ويسبب الإسهال (مقدار الجرعة = ١,٧إلى ٤ جم لكل كجم من وزن الجسم).
حمض الازيليك (ثنائي هيكسيل الأستر، DHA)	$C_{21}H_{40}O_4$	ملدن لبوليمرات الڤينيل المشتركة، ورقائق تغليف الأغذية المصنوعة من عديد البروبلين.	إضافة ١٥ % من هذه المادة إلى الطعام تتسبب في عرقلة الزيادة الطبيعية لوزن الجسم، وتؤدي إلى زيادة في وزن الكلية.

			تنظيمات إدارة الغذاء والدواء الأمريكية تنص على منع استخدام هذه المادة، أي DHA، كإضافة لمواد تعبئة وتغليف الغذاء ذي الطبيعة الدهنية إلا في حدود لاتتعدى ١٥ % من وزن المادة البلاستيكية.
٢،٢`- ثنائي فينيل ثنائي حمض الكاربوكسيليك (ثنائي بيوتيل الأستر، DBDP)	$C_{22}H_{26}O_4$	ملدن للمواد البلاستيكية الملاصقة للغذاء.	تزداد سمية هذه المادة في المحاليل الزيتية، حيث تتسبب في حدوث احتقان رئوي وتراكم للمحاليل المائية في الأنسجة (مقدار الجرعة = ٥,٤ إلى ١٧,٥ جم لكل كجم من وزن الجسم).
البارافينات المكلورة (شمع كلورو، CP)	توجد على هيئة صيغ مختلفة تتراوح من C_{10} إلى C_{30} ، ونسبة كلورة من ٤٣ % إلى ٧٠ %.	ملدن لكلوريد الڤينيل والمطاط ومواد بوليمرية (بلاستيكية) أخرى تكون ملاصقة للغذاء. كما تستخدم كمادة مانعة للاحتراق في المواد البوليمرية.	يسبب تضخم الكبد ويؤثر على الهرمون المنشط للغدة الدرقية (مقدار الجرعة = ٠,٠٣ إلى ٣ جم لكل كجم من وزن الجسم). مادة مسرطنة بحسب تصنف الوكالة الدولية لأبحاث السرطان (للمركبات التي تحتوي على ١٢ ذرة كربون ، C_{10} ونسبة كلورة ٦٠%؛ وأيضاً C_{23} ونسبة كلورة ٤٣%).

حمض الليمون (اسيتل ثلاثي بيوتيل الأستر، ATBC)	$C_{20}H_{34}O_6$	يستخدم كملدن للرقائق البلاستيكية المرنة كالأكياس. كما يستخدم لطلاء المواد البوليمرية المستخدمة في حفظ وتغليف الغذاء وفي صناعة الورق والألواح الورقية التي تستخدم لتعبئة الأغذية الدهنية.	**الهجرة:** ٢ إلى ٨ مجم\كجم في الجبن المغلف بمادة بوليمر مشترك كلوريد الڤينيل لمدة خمسة أيام عند درجة حرارة ٥° م، وفي زيت الزيتون أثناء التسخين لمدة ١٠ دقائق بلغ معدل الهجرة ٧٣,٩ مجم\لتر. **السمية والاخطار الصحية:** يعتبر آمن الاستخدام كملدن لمواد البلاستيكية إذا كان ضمن الحد المسموح به (حوالي ٠,٠٥ جم لكل كجم من وزن الجسم)
ثنائي إيثلين الجليكول (أستر ثنائي مع بيوتيل فثالات، DDGB)		ملدن للطلاء، المقاوم للرطوبة،الذي يستخدم في صناعة رقائق السيلولوز (أكواب ورقية) لتعبئة الأغذية والمشروبات كالشاي والقهوة.	عرقلة الزيادة الطبيعية لوزن الجسم، تضخم في القلب والكبد (مقدار الجرعة = ٠,٢٥ إلى ٢,٥ % من وزن الغذاء)
الهيدرازين وكبريتات الهيدرازين.	H_4N_2 $H_4N_2 .H_2O_4S$	يستخدم كعامل ترطيب وتنعيم. كما يستخدم كعامل محفز لعمليات البلمرة لإنتاج مواد بلاستيكية، وكعامل تحسين الخواص	يؤثر على مركز التحكم العصبي ووظائف الكبد والكلى (مقدار الجرعة = ٥ إلى ٢٠ مجم لكل كجم من الغذاء لمدة تصل إلى عشرة أيام). يعتبر

		الرغويـــــة للمـــــواد البلاستيكية.	الهيدرازين مـادة مسرطنة بحـسب تـصنيف الوكالـة الدولية لأبحاث السرطان.
الزيوت المعدنية (زيت معدني ثقيل، Irgawax 361، بارافين سائل، زيت البـــارافين، زيـــت معدني أبيض)		تستخدم تلك الزيوت في تـصنيع عديـد الإيثلـين. كمـا تـستخدم كملـدنات لعديـد الـستايرين عـالي المتانـــــة، وبـــــوليمر اكريلوناتريل بيوتادائين ســــــتايرين (ABS). وتـــستخدم أيـــضاً فـــي طـــلاء البـــوليمرات والعبوات الورقيـة التـي تكون ملاصقة للأطعمة والمـــشروبات. ومـــن الاســـتخدامات أيـــضاً مجـال صـناعة الأدويـة كالمراهم.	**الهجرة:** الحاويـــات الـــصغيرة المـــصنوعة مـــن عديـــد الـستايرين والتـي تـستخدم لحفـــظ بعـــض الأغذيـــة كالزبدة والقشطة وجد أنهـا تحتـوي علـى حـوالي ٤% كحـد أقـصى مـن الزيـوت المعدنية. **الـــسمية والأخطـــار الصحية:** تترسب تلك الزيـوت علـى الكبد وداخل الكلية (مقدار الجرعـة = ٢ إلـى ٢٠٠٠ مجـم لكـل كجـم مـن وزن الجسم لمدة تسعين يومـاً). نظـــراً لأن معظـــم تلـــك الزيـوت التـي تـستخدم فـي الأغـــراض الـــصيدلانية والتجميليـة تحتـوي علـى مركبـــات هيدروكربونبـــة عطرية متعددة الحلقات لذا تـــصنف بأنهـــا مـــواد مـــسرطنة. وقـــد ســـجلت حـــالات ســـرطان معويـــة لعمـــال تعرضـــوا لتلـــك الزيـوت والتـي فـي الغالـب تكـون غيـر معالجـة أثنـاء

			تأدية أعمالهم حسب إفادة الوكالة الدولية لأبحاث السرطان.
حمض فوسفوري (ثنائي فينيل توليل الأستر، ميثيل فينيل ثنائي فينيل الفوسفات، Santicizer 140)	$C_{19}H_{17}O_4P$	ملدن ومانع للاحتراق لكثير من البوليمرات الملاصقة للغذاء مثل عديد كلوريد الڤينيل وعديد الستايرين وعديد الكربونات ومطاط البيوتادائين واسيتات السيلولوز.	يسبب تسمم للأعصاب.
حمض الفثالاك (ثنائي اوكتيل الأستر، DEHP، DOP)	$C_{24}H_{38}O_4$	ملدن أساس لعديد كلوريد الڤينيل وبوليمراته المشتركة. كذلك يستخدم كملدن لعديد الستايرين وبوليمرات أخرى تستخدم في التطبيقات الملاصقة للغذاء.	**<u>الهجرة:</u>** وجدت هذه المادة في الكبد والرئة بكمية تقدر من ٢,٥ إلى ٢٧ مجم\لتر وذلك بعد نقل دم لمرضى عن طريق عبيئات حفظ الدم المصنوعة من عديد كلوريد الڤينيل الملدن بتلك المادة. وفي أنابيب المياه المصنوعة من عديد كلوريد الڤينيل، وجدت مادة DOP عند معدل يتراوح من ٠,١ إلى ٠,١٦ مجم لكل لتر من الماء عند درجة حرارة بلغت ٣٧° م. **<u>السمية والأخطار الصحية:</u>** تأخر في النمو وزيادة في وزن الكلى والكبد (مقدار

			الجرعة = ٢٠ إلى ٦٠ مجم من مادة DEHP لكل كجم من وزن الجسم لمدة مائة وأربعة أيام). وقد أكدت الوكالة الدولية لأبحاث السرطان أن مادة DEHP تعتبر مسرطنة في حيوانات التجارب ولايمكن الجزم بتسببها للسرطان في الإنسان نظراً لعدم توفر البيانات الكافية. وعلى الرغم من ذلك تصنف وكالة حماية البيئة الأمريكية مادة DEHP بأنها محتمل أن تسبب السرطان في الإنسان.
١،٢،٤- ثلاثي كلور البنزين	$C_6H_3Cl_3$	ملدن ومذيب لبعض المواد البلاستيكية المستخدمة في التطبيقات الملاصقة للغذاء.	يؤثر على الكبد (مقدار الجرعة = ١٠ إلى ٤٠ مجم لكل كجم من وزن الجسم لمدة تسعين يوماً). حددت وكالة حماية البيئة الأمريكية معدل ٠,٠٧ مجم\لتر أقصى قيمة مسموح بها لتلوث المياه بتلك المادة.
حمض البنزويك (أملاح الكالسيوم المائية الثلاثية، بنزوات الكالسيوم)	$C_{14}H_{16}O_7.Ca$	مثبت لعديد كلوريد الفينيل.	يؤثر على أداء عضلة القلب وخلايا الكبد (مقدار الجرعة = ٤٠٠ مجم لكل كجم من وزن الجسم لمدة ستين يوماً).

بارا- بنزيل أوكسي فينول (BOP، Pigmex)	$C_{13}H_{12}O_2$	مضاد للأكسدة لعدة مواد بلاستيكية ومطاطية مثل عديد كلوريد الفينيل، عديد البروبلين، وعديد أكسيد البروبلين. كما يستخدم كمثبط لعملية البلمرة.	مسبب لسرطانات الرئة والكبد.
مركبات الكالسيوم (كلوريد الكالسيوم، زنك-كالسيوم)		مثبت حراري لعديد كلوريد الفينيل المستخدم لتعبئة الأغذية الجافة.	كلوريد الكالسيوم عند جرعات عالية تصل إلى ١,٥٥ جم\كجم من وزن الجسم يمكن أن يتسبب في تثبيط مركز التحكم العصبي. والتعرض المستمر لكلوريد الكالسيوم يمكن أن يؤثر على تخثر الدم.
سيانو إيثيل بارا فينيتدين	$C_{11}H_{14}N_2O$	مثبت لعديد الالوفينات وعديد الإيثلين الترفثالاتي.	يسبب فقر الدم وزيادة في وزن الكبد (مقدار الجرعة = ٤٦٠ مجم لكل كجم من وزن الجسم لمدة ثلاثين يوماً).
ثنائي فينيل امين (DPA، فينيل بنزين امين، Fenam)	$C_{12}H_{11}N$	مثبت لعديد الالوفينات ولبوليمرات الفورمالدهيد المشتركة.	مسبب للجفاف ويؤثر على مركز التحكم العصبي في الجسم (مقدار الجرعة = ٠,٦ إلى ٢ مجم لكل كجم من وزن الجسم). أما التعرض المستمر لتلك المادة فيؤدي إلى تدمير تام للكلى وذلك عند جرعة أسبوعية مقدارها ١,٤ جم\كجم من وزن الجسم لمدة عشرة أسابيع.

مركبات الرصاص (ثنائي أكسيد الرصاص، كربونات الرصاص، كبريتات الرصاص، فوسفات الرصاص، كلوريد الرصاص، نترات الرصاص)	صيغ متعددة	مثبتات لعديد كلوريد الفينيل	**<u>الهجرة:</u>** في أنابيب المياه المصنوعة من مادة عديد كلوريد الفينيل وعندما تكون نسبة الرصاص المستخدم كمثبت لتلك المادة تبلغ أكثر من ٢,٥ % فإنه يحدث شطف للرصاص الموجود على سطح الأنابيب بفعل جريان المياه. **<u>السمية والأخطار الصحية:</u>** **في الإنسان:** يؤثر الرصاص ومركباته على مركز التحكم العصبي وكذلك يتلف سحايا الدماغ. كما أن الرصاص يؤثر بشكل كبير على الكلى. وفي الأطفال وجد أن التعرض لجرعة تبلغ ٠,٣ مجم\لتر يؤثر على أدا النظام العصبي لديهم. وعند معدلات تركيز للرصاص في الدم تبلغ من ٠,٠٧ إلى ٠,٣٤ مجم\لتر، يحدث تأثير قوي على ضغط الدم. وأخيراً وليس أخراً فإن الرصاص ومركباته تؤثر على عمل معظم الأنزيمات في الجسم

			وخاصة تلك المعنية بتصنيع الهيموجلوبين ،وبالتالي فإن ذلك يسبب فقر الدم الحاد.
حمض فسفوري (٢-إيثيل هيكسيل ثنائي فينيل الأستر، Forstab K-201)	$C_{20}H_{27}O_3P$	مثبت لعديد الالوفينات وعديد الستايرين وبوليمرات أخرى.	يؤثر على الأعصاب والكبد، ويسبب فقر الدم وتعطيل النمو الطبيعي للجسم (مقدار الجرعة = ٨٥ مجم لكل كجم من وزن الجسم لمدة خمسة وأربعين يوماً).
حمض السالسليك (٢- هيدروكسي حمض البنزويك، Salol B)	$C_{17}H_{18}O_3$	يستخدم كمثبت إضاءة وملدن لكثير من المواد البلاستيكية مثل: عديد الأستر وعديد الستايرين وعديد الالوفينات التي تستخدم كرقائق لتغليف الغذاء.	يسبب إثارة لمركز التحكم العصبي، وأحتقان في الأعضاء الباطنية كالقلب، وفرط استنساخ (تكاثر غير طبيعي) للب الطحال. كما تسبب هذه المادة استسقاء في الغشاء المخاطي للمعدة(مقدار الجرعة = ١٤٥ مجم لكل كجم من وزن الجسم لمدة خمسة أشهر).
مركبات الزنك (اسيتات الزنك المائية، كلوريد الزنك، اكسيد الزنك، كبريتات الزنك)	صيغ متعددة	تستخدم مركبات الزنك كمثبتات وخضاب.	تعطيل النمو الطبيعي للجسم وتباطؤ في النشاط وزيادة في عدد كريات الدم الحمراء (مقدار الجرعة = ٢٥ مجم من كلوريد الزنك لكل كجم من وزن الجسم لمدة تسعة أشهر). وعند التعرض لمادة أكسيد الزنك عند معدل ٥

			مجم\كجم من وزن الجسم لمـدة سـتة أشـهر، فإنـه يحدث ترسبات في الكلى، وفـرط استنـساخ للـب الطحال.
مركبات الألومنيوم (كلوريد الألومنيوم، أكسيد الألومنيوم (الألومينا)، هيدروكسيد الألومنيوم)	صيغ متعددة	تستخدم كمحفزات*** للبلمرة لإنتاج العديد من المواد البلاستيكية مثل عديد الالوفينات بواسطة محفزات زيغلر- ناتا وغيرها، كما تستخدم مركبات الألومنيوم كموانع للاحتراق ومواد مالئة للبوليمرات.	**في الإنسان:** التعرض لمركبات الألومنيوم لفترات طويلة يمكن أن يسبب التهاب الدماغ ولين العظام. وهناك حديث في الأونة الأخيرة يركز على دور الألومنيوم في بعض الأمراض العصرية كالشلل الرعاش ومرض الخرف (الزهايمر).
بنزوفينون (فينيل الكيتون)	$C_{13}H_{10}O$	مثبط لعمليات بلمرة الستايرين، وعامل معالجة بالأشعة فوق البنفسجية.	**<u>الهجرة:</u>** سجلت معدلات هجرة عالية لتلك المادة من خلال بلاستيك عديد الستايرين الذي يحتوي على ٠,٥ % من عامل امتصاص الأشعة فوق البنفسجية في وسط غذائي يحتوي على زيت زهرة الشمس أو الإيثانول. **<u>السمية والأخطار الصحية:</u>** له آثار مدمرة على الكبد والكلى (مقدار الجرعة = ٢٠ مجم لكل كجم من وزن الجسم لمدة تسعين يوماً).

رباعي بيوتيل البيروكسيد	$C_8H_{18}O_2$	بادىء لعمليات البلمرة عند درجات حرارة وضغوط عالية مثل بلمرة الإيثلين لإنتاج عديد الإيثلين. كما يستخدم كمحفز عند بلمرة الستايرين.	يسبب الرعشة وفقدان الاتزان وضيق التنفس، علاوة على انخفاض درجة حرارة الجسم (مقدار الجرعة = ١,٩ جم لكل كجم من وزن الجسم).
مركبات الكروم (كلوريد الكروم، هيدروكسيد الكروم، نترات الكروم، أكسيد الكروم، كبريتات الكروم)	صيغ متعددة	تدخل مركبات الكروم في صناعة المحفزات والمثبتات للمواد البوليمرية.	ربطت وزارة الصحة والخدمات الإنسانية الأمريكية بين التعرض للكروم ومركباته ومرض السرطان في الإنسان. ويعتبر المعدل ٠,١ مجم\لتر أقصى حد مسموح للتلوث بالكروم ومركباته وذلك حسب بيانات وكالة حماية البيئة الامريكية.
الكوبالت	Co	يستخدم الكوبالت ومركباته كمحفزات وخضاب.	**في الإنسان:** التعرض المستمر وطويل الأمد للكوبالت ومركباته يؤدي إلى احتشاء القلب وفقر الدم، وكذلك الحساسية التي تزيد من حدة بعض الأمراض كالربو. وتوجد بعض التنبؤات حول احتمال زيادة فرص الإصابة بسرطان الرئة لدى العاملين الذين يتعرضون بشكل مستمر للكوبالت.

حمض بيروكسي البنزويك (رباعي بيوتيل الأستر، (Trigonox C	$C_{11}H_{14}O_3$	بادىء لعمليات البلمرة بالجذور الحرة ومادة معالجة تدخل في صناعة العديد من المواد البوليمرية مثل عديد الأستر وعديد الستايرين الرغوي.	يؤدي إلى فرط استنساخ في الغشاء المبطن للمعدة وبالتالي تتضخم المعدة (مقدار الجرعة = ٠,٥ جم لكل كجم من وزن الجسم لمدة ثلاثة عشر أسبوعاً).
٢-كبريتات اليوريا	CH_4N_2S	محفزات لصناعة المواد المانعة لاحتراق البوليمرات.	مسبب للسرطان بحسب تصنيف الوكالة الدولية لأبحاث السرطان.
مركبات القصدير غير العضوية مثل كلوريد وأكسيد القصدير	$SnCl_2$ SnO_2	يدخل القصدير ومركباته في صناعة العديد من محفزات البوليمرات، كما يستخدم أيضاً في طلاء مواد تعبئة وتغليف الغذاء.	**في الإنسان:** التعرض لمستويات عالية من القصدير يؤدي إلى تهيج الأمعاء والإجهاد والصداع.
كلوريد التتانيوم	$TiCl_4$	من مركبات محفزات زيقلر- ناتا المستخدمة لصناعة عديد الإيثلين.	يؤثر على وظائف الكبد ويحد من النمو الطبيعي لوزن الجسم (مقدار الجرعة = ٢٠ إلى ٥٠ مجم لكل كجم من وزن الجسم لمدة ستة أشهر).
مركبات الڤانيديوم (أكاسيد الڤانيديوم الثلاثية والخماسية، معقدات الڤانيديوم مع الدايين الحلقي الخماسي)	V_2O_5 V_2O_3	تستخدم كمحفزات لصناعة البوليمرات.	أكاسيد الڤانيديوم تسبب فقر الدم وتقلل من كمية الحمض الأميني (Cystine) في الشعر (مقدار الجرعة = ٢ إلى ٧,٥ مجم لكل كجم من وزن الجسم لمدة ثمانية وستين يوماً). أما معقدات

			الثانيديوم فتؤدي إلى انكماشات في الخلايا العصبية ونقص حاد في تغذية أعضاء مهمة في الجسم كالكبد والكلى وقشرة الدماغ
مركبات الزركونيوم (أملاح وكبريتات وكلوريدات وأكاسيد الزركونيوم)	صيغ متعددة	تستخدم كمواد معالجة لمادة السليكون.	**الهجرة:** ينتقل الزركونيوم إلى زيت الزيتون من مواد التعبئة المصنوعة من عديد الستايرين عند معدل ٠,٦٥ مجم\كجم. **السمية والأخطار الصحية:** تعد مركبات الزركونيوم منخفضة السمية نسبياً، إلا أن التعرض له أثناء فترة الحمل قد يؤدي إلى تغيرات في التصرف السلوكي لدى النسل.

(*) يمكن الاستعانة (بمرجع رقم ٢) لمعرفة المزيد عن الإضافات للمواد البلاستيكية ومدى خطورة تلك المواد على الصحة.

(**) جميع المعلومات عبارة عن نتائج اختبارات على حيوانات التجارب مالم يرد توضيح باجراء تلك الاختبارات على البشر.

(***) المحفزات (Catalysts) لاتعد إضافات عند إنتاج المواد البلاستيكية وإنما هي متبقيات من عمليات البلمرة التي تؤدي إلى إنتاج المواد البلاستيكية.

جدول (م-٢) بعض أهم المونوميرات الداخلة في صناعة مواد التعبئة والتغليف البلاستيكية(*).

اسم المونومير (الإسم البديل والاختصارات،أو الأمثلة)	***الصيغة الجزيئية الكيميائية***	***الاستخدامات***	***معلومات الهجرة و السمية والأخطار الصحية (**)***
اسيتالدهيد	C_2H_4O	يدخل في صناعة المطاط الصناعي والإيبوكسي. كما يحتوي عديد الإيثلين الترفثالاتي على نسب قليلة منه (من ١,١ الى ٣,٨ ميكروجرام\جرام).	**الهجرة:** ينتقل الاسيتالدهيد إلى المياه الغازية وعصير الليمون من مواد التعبئة والتغليف المصنعة من بلاستيك عديد الإيثلين الترفثالاتي عند تركيز يصل إلى ٧,٥ مجم\لتر كحد أقصى. وعند درجات حرارة عالية تصل إلى ٤٠° م ومدة تخزين طويلة، يتغير طعم الماء والمشروبات الغازية المعبأة في مواد بلاستيكية وذلك من جراء هجرة الاسيتالدهيد. **السمية والأخطار الصحية:** يؤثر على مركز التحكم العصبي ويزيد من ضغط الدم الأورطي (مقدار الجرعة = ١٠ و ١٠٠ مجم لكل كجم من وزن الجسم لمدة ستة أشهر). استنشاق هذه المادة ربما يؤدي إلى سرطان الجيوب الأنفية، وقد صنفت هذه المادة من قبل الوكالة

			الدولية لأبحاث السرطان بأنها يمكن أن تكون مسرطنة.
اكريل اميد (حمض الاكريلك، إيثلين كاربوكسي اميد)	C_3H_5NO	يستخدم لتصنيع عديد اكريل الاميد ويدخل في بعض التطبيقات التي لها علاقة بالغذاء. وعديد اكريل الاميد يستخدم كمادة مساعدة للملاط المستخدم في بناء خزانات وآبار المياه.	**في الإنسان:** الأشخاص الذين تعرضوا لمياه آبار ملوثة باكريل الاميد أصيبوا بأعراض عديدة منها عدم التركيز وتشويش الذاكرة وفقدان اتزان الجسم ولم تتلاشى هذه الأعراض إلا بعد مرور أربعة أشهر. وتعد مادة الاكريل اميد مسببة للسرطان بحسب تصنيف الوكالة الدولية لأبحاث السرطان.
حمض اكريلك (٢-إيثيل هكسيل الأستر)	$C_{11}H_{20}O_2$	يستخدم كمونومير مشترك مع مونومير اسيتات الفينيل لإنتاج الطلاء. كما يستخدم لإنتاج الطلاء ذو الأساس المائي للتطبيقات الملاصقة للغذاء.	يحدث تغيرات في الدم ويؤثر على الكبد (مقدار الجرعة = ٠,٣ إلى ١٥ مجم لكل كجم من وزن الجسم لمدة ستة وعشرين أسبوعاً).
ثنائي فينول-أ (Bisphenol A، ثنائي فينايلول بروبان)	$C_{15}H_{16}O_2$	يستخدم كمونومير لصناعة عديد الكربونات الذي يستعمل لصنع حاويات برادات المياه القابلة لإعادة التعبئة. كما يستخدم أيضاً لصناعة الايبوكسي وراتنجات التبادل الأيوني لمعالجة	**<u>الهجرة:</u>** أثبتت الدراسات أن تلك المادة يمكن أن تهاجر من مواد تعبئة الغذاء المطلية بمادة الإيبوكسي إلى الماء عند معدل ٠,٠٠٤ مجم لكل لتر من الماء عند درجة حرارة بلغت ٣٧° م

		المياه. ومن استخداماته أيضاً في مجال التثبيت الحراري لعديد كلوريد الڤينيل. ويستخدم نوع من أنواع ثنائي فينول-أ ، وهو ثنائي جليسيدل الإيثرBADGE، في طلاء الأسطح الداخلية للعلب والمغلفات المستخدمة في تعبئة الغذاء مثل علب التونة والحساء وغيرها.	ولمدة سبعة أيام. أما الهجرة إلى حليب الأطفال عن طريق قارورة الرضاعة التي تصنع من مادة عديد الكربونات فلم يتم الكشف عن ذلك على الرغم من استخدام أجهزة تحليلية فائقة الدقة. **<u>السمية والأخطار الصحية:</u>** يسبب تسمم الدم والأنيميا (مقدار الجرعة = ٠,٥ % لمدة ثلاثة عشر أسبوع). عند جرعات عالية تصل الى ٥٠٠ جزء في المليون، ربما يتسبب في حدوث سرطان الدم.
ثنائي ميثيل الترفثالات (DMTP، ثنائي ميثيل الأستر، حمض الترفثالات)	$C_{10}H_{10}O_4$	يستخدم كمونومير لإنتاج عديد الأستر وخاصة عديد الإيثلين الترفثالاتي لأغراض تعبئة وحفظ الغذاء.	**<u>الهجرة:</u>** بلغت من ٠,٠٢ إلى ٢,٧٣ مجم من اوليقومير عديد الإيثلين الترفثالاتي لكل كجم من الغذاء استناداً إلى درجة الحرارة ونوعية الغذاء. **<u>السمية والأخطار الصحية:</u>** لم يسجل أي خطورة من التعرض لتلك المادة في حدود ٥ مجم لكل كجم من وزن الجسم.
إيثلين	C_2H_4	مونومير لإنتاج عديد الإيثلين وبعض	على الرغم من أنه لم تسجل اي خطورة محتملة

		الالوفينات المشتركة مثل البروبلين-إيثلين.	من جراء التعرض لمونومير الإيثلين، إلا أن المنظمة العالمية للأبحاث في مجال السرطان (IARC) قد أصدرت تقريراً يفيد باحتمال تسبب الإيثلين في إحداث مرض السرطان في حيوانات التجارب.
أكسيد الإيثلين (Oxirane، أكسيد ثنائي الميثيلين)	C_2H_4O	له استخدامات عديدة منها؛ إنتاج إيثلين الجليكول المستخدم في صناعة عديد الإيثلين الترفثالاتي، وتعقيم الأجهزة الطبية، وإنتاج ألياف عديد الأستر.	تسبب في إجهاض لسيدات يعمل أزواجهم في أجواء ملوثة بتلك المادة. فقد وزن الجسم الطبيعي وتلف جزئي للكبد عند معدل جرعات عالية (مقدار الجرعة = ١٠٠ مجم لكل كجم من وزن الجسم). واستناداً على منظمة حماية البيئة الأمريكية فإن تلك المادة قد صنفت ضمن المواد التي يحتمل أن تسبب مرض السرطان في الإنسان.
فورمالدهيد	CH_2O	يستخدم لإنتاج الراتنجات (Resins) بأنواعها المختلفة مثل راتنجات اليوريا- فورمالدهيد وراتنجات الميلامين التي تستخدم لصناعة أواني الأكل وهي من البلاستيك القوي جداً.	**الهجرة:** وجد الفورمالدهيد بتراكيز تتراوح من ٠,٥ إلى ٣ جزء في المليون في حمض الخل عند تركيز بلغ ٤ % في الأطباق والأواني المصنوعة من

			راتنجـــات الميلامـــين-فورمالدهيـد وذلـك عنـد درجة حرارة تراوحت من ٦٠° إلـــى ٩٠° م بعـــد مضي نصف ساعة. **<u>الـــسمية والأخطـــار الصحية:</u>** يوجد الفورمالدهيد بشكل طبيعـي فـي العديـد مـن الأطعمـة مثـل العـسل والأســماك والفواكـــة والخضروات وتعد فاكهة التفـاح مـن أعلـى الفواكـة محتـــوى للفورمالدهيـــد حيـث يبلـغ مـن ١٧ إلـى ٢٢ جزء في المليون. تم تـصنيف الفورمالدهيـد كمـادة مسرطنة مـن قبـل بعض المنظمات والهيئات كالمنظمـــة العالميـــة للأبحـــاث فـــي مجـــال الـــسرطان (IARC)، ووكالـة حمايـة البيئـة الأمريكية (EPA).
بلامـــاء حمـــض الفثالاك (PAn)	$C_8H_4O_3$	يستخدم في صناعة عديد الأســتر مثـــل عديـــد الإيثلين الترفثالاتي.	يـؤثر علـى خلايـا الكبـد والأوعية اللمفاوية (مقدار الجرعـة = ٢٠ مجم لكل كجم من وزن الجسم لمدة تسعين يوماً).

ميلامين	$C_3H_6N_6$	يستخدم لإنتاج راتنجات ميلامين- فورمالدهيد الأمينية، وراتنجات طلاء للسطوح. كما تستخدم لصناعة أواني الأكل.	**الهجرة:** وجد أن الميلامين يكون بتراكيز مختلفة تتروواح من ٠,٢ إلى ١,١٩ جزء في المليون في حمض الخل عند تركيز بلغ ٤ % في الأطباق والأواني المصنوعة من راتنجات الميلامين- فورمالدهيد وذلك عند درجة حرارة تراوحت من ٦٠° إلى ٩٠° م بعد مضي نصف ساعة. وتعتبر درجة الحرارة العامل المهم في تحديد شدة هجرة الميلامين من أواني الأكل. **السمية والأخطار الصحية:** يؤثر على الكبد والكلى، ويزيد من نسبة اليوريا في الدم (مقدار الجرعة = ٢ جم لكل كجم من وزن الجسم لمدة ستة أشهر). كما قد يسبب حصوة وقرحة في المثانة عند تراكيز عالية.

حمض ميثا اكريليك (٢- هيدروكسي إيثيل الأستر، ميثا اكريلات جليكول الإيثلين)	$C_6H_{10}O_3$	يستخدم كمونومير لإنتاج راتنجات الاكريلات للتطبيقات الغذائية. كما يستخدم كمادة أساس لصناعة عدسات العين اللاصقة، ومادة لحشو الأسنان.	يمكن أن يؤثر على النمو الطبيعي لوزن الجسم ويحدث تغييرات في مركز التحكم العصبي (مقدار الجرعة = ٠,٥ إلى ١٢,٥ مجم لكل كجم من وزن الجسم لمدة ثمانية أشهر).
فينول	C_6H_6O	يدخل الفينول في إنتاج الراتنجات الفينولية، كما يعتمد عليه في إنتاج بلاستيك عديد الكربونات والكابرولاكتام وهو المونومير لإنتاج عديد الاميد ٦.	لم تسجل تأثيرات صحية ذات بال من جراء التعرض للفينول عدا نقص وزن الجسم عند معدل جرعات عالية (١ إلى ٢ جم لكل كجم من وزن الجسم).
بروبلين	C_3H_6	مونومير لإنتاج بلاستيك عديد البروبلين الذي يستخدم في أغراض حفظ وتعبئة الغذاء.	لايشكل خطورة في حدود الجرعات المدروسة (مقدار الجرعة = ٣,٧٥ مجم لكل كجم من وزن الجسم لمدة أربعة أشهر)
أكسيد البروبلين	C_3H_6O	يدخل في صناعة جليكول البروبلين وأستراته وإيثراته، كما أنه يدخل في صناعة عديد الأستر وعديد اليوريثين. ومن الاستخدامات أيضاً؛ توظيفه كعامل رغوي للبلاستيكات الطبية	يؤثر على الكبد والكلى ومركز التحكم العصبي في الجسم (مقدار الجرعة = ٢٥ إلى ١٠٠ مجم لكل كجم من وزن الجسم لمدة خمسة وأربعين يوماً). يصنف أكسيد البروبلين كمادة مسرطنة من قبل بعض

		وللتطبيقات الغذائية.	المنظمات والهيئات كالمنظمة العالمية للأبحاث في مجال السرطان (IARC)، ووكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA).
ستايرين	C_8H_8	سبق الحديث عنه بإسهاب في الفصلين الأول و الثاني.	سبق الحديث عنه بإسهاب في الفصل الثاني.
الحمض الترفثالي	$C_8H_6O_4$	مونومير لإنتاج عديد الإيثلين الترفثالاتي.	**<u>الهجرة:</u>** تقدر معدلات هجرة أوليقوميرات عديد الإيثلين الترفثالاتي من أواني الطبخ بحوالي ٠,٠٢ إلى ٢,٧٣ مجم لكل كجم من الغذاء وذلك بحسب درجة الحرارة ونوع الغذاء. **<u>السمية والأخطار الصحية:</u>** التعرض المباشر للحمض الترفثالاتي قد يسهم في تكوين حصوة المثانة.
خلات الڤينيل (VA)	$C_4H_6O_2$	تستخدم كمونومير لإنتاج عديد خلات الڤينيل، كما تستخدم كبوليمر مشترك مع الإيثلين لصناعة المواد اللاصقة ولصناعة طلاء الألواح الورقية والأوراق التي تستخدم للأغراض الغذائية.	يسبب إعاقة للزيادة الطبيعية لوزن الجسم عند جرعات عالية نسبياً تصل إلى ٥٠٠٠ جزء في المليون.

كلوريد الڤينيل (VC)	C_2H_3Cl	مونومير لإنتاج عديد كلوريد الڤينيل.	**الهجرة:** وجد مونومير كلوريد الڤينيل (VCM) بتراكيز تتراوح من ٠,٣ إلى ٩١٣ جزء في البليون في عينات بوليمرية أخذت من أنابيب المياه وأكياس حفظ الدم ورقائق بلاستيكية لحفظ الطعام وغيرها. وينفي بعض الباحثين احتمال هجرة هذا المونومير إلى الماء إذا كان تركيزه في عديد كلوريد الڤينيل يبلغ ٢ ميكروجرام لكل كجم من البوليمر. **السمية والأخطار الصحية:** على الرغم من شدة سمية مونومير كلوريد الڤينيل، إلا أن هجرته من مادة البوليمر(أي عديد كلوريد الڤينيل) إلى الغذاء أو الماء لاتشكل نسبة خطرة على صحة الإنسان. ويعتبر الطريق الأشد سمية هو باستنشاق أبخرة ذلك المونومير في مصانع عديد كلوريد الڤينيل وغيرها من الأماكن التي يمكن أن تستنشق فيها أبخرة مونومير كلوريد

			الفينيل بحيث تمكث تلك المادة وتتجمع في الدم مما قد يسبب خلايا سرطانية في الجسم ويؤثر بشكل مباشر على الكبد والكلى. ومعظم الهيئات والمنظمات الصحية والبيئية مثل المنظمة العالمية للأبحاث في مجال السرطان (IARC)، ووكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA)، تصنف مونومير كلوريد الفينيل (VCM) بأنه يسبب مرض السرطان لدى الإنسان.

(*) يمكن الاستعانة (بمرجع رقم ٢) لمعرفة المزيد عن المونوميرات للمواد البلاستيكية ومدى خطورة تلك المواد على الصحة.

(**)جميع المعلومات عبارة عن نتائج اختبارات على حيوانات التجارب مالم يرد توضيح باجراء تلك الاختبارات على البشر

المراجع

1- K. Figge, ***Migration of additives from plastic films into edible oils and fat stimulants***, Food Cosmet. Toxicol. 6 (1972) 815-828.

2- K. Figge and J. Koch, ***Effect of some variables on the migration of additives from plastics fats***, Food Cosmet. Toxicol. 11 (1973) 975-988.

3- B.J. Dowty, J.L. Laseter, J. Storet, ***The Transplacental Migration and Accumulation in Blood of Volatile Organic Constituents***, Pediatric Research 10 (1976) 696-701.

4- L.L Katan, **Migration from food contact materials**, Blackie Academic & professional, Chapman Hall, New York 1996.

5- V.O. Sheftel, **Indirect food additives and polymers: migration and toxicology**, CRC press LLC, New York (2000).

6- M.J. Shepherd, ***Trace contamination of food by migration from plastic packaging (A review)***, Food chemistry 8 (1982) 129-145.

7- J. Miltz, **Migration of Low Molecular Weight Species From Packaging Materials: Theoretical and Practical Consideration**, Michigan State University, East Lansing, Michigan, July 1986.

8- M.S. Tawfik and A. Huyghebaert, ***Interaction of packaging materials and vegetables oils: oil stability***, Food chemistry 64 (1999) 451-459.

9- N. Ramesh and J.L. Duda, ***Predicting migration of trace amounts of styrene in polystyrene below the glass transition temperature***, Food and Chem. Toxicolo. 39 (2001) 355-360.

10- E. Helmroth, R. Rijk, M. Dekker, W. Jongen, ***Predictive modelling of migration from packaging materials into food products for regulatory purposes (A review)***, Trends in Food Sci. Tech. 13 (2002) 102–109

11- A.S. Silva, J.M. Cruz, R. Sendo´n Garcı´a, R. Franz, P.P. Losada، ***Kinetic migration studies from packaging films into meat products***, Meat Sci. 77 (2007) 238–245

12- US department of health and human services, environmental health perspectives, vol 45, **phthalate esters**, Nov. 1982.

13- NTP Technical Report Series 217. ***Carcinogenesis Bioassay of Di(2-ethylhexyl) phthalate in Rats and Mice***, NIH Publication No. 82-1773, 1982.

14- E. Kondyli, P.G. Demertzis, M.G. Kontominas, ***Migration of dioctylphthalate and dioctyladipate plasticizers from food-grade PVC films into ground-meat products***, Food Chem.45 (1992) 163-168.

15- L. Castle, M. Sharman, J. Gilbert***, Analysis of the epoxidised soya bean oil additive in plastics by gas chromatography***, J. Chromatogr. 437 (1988) 274-280

16- L.M.T. Han and G. Szajer, ***Analysis of epoxidized soybean oil by gas chromatography***, J. Am. Oil Chem. Soc. 71 (1994) 669-670.

17- T. Bucherl, A. Gruner, N. Palibroda, ***Rapid analysis of polymer homologues and additives with SFE/SFC-MS coupling***, Packag. Technol. Sci. 7 (1994) 139-154.

18- George Baggett, **Styrene Migration into Human Adipose Tissue**, August 7, 1990.

19- J.L. O'Donoghue, **Neurotoxicity of Industrial and Commercial Chemicals**, Vol. 2, CRC Press, Inc., Florida 1985.

20- N.S. Zlobina, A.S. Izjumova, N.Ju. Ragul'e, ***Effects of Low Styrene Concentrations On The Specific Functions of the Female Organism"***

(human and white rat), Gigiena truda i professional'nye sabolenavija, Moskva, USSR, December 1975, No. 12, pages 21-25.

21- L.J. van Gemert and A.H. Nettengreijer, **Compilation of Odour Threshold Values in Air and Water**, National Institute for Water Supply, Voorburg, Netherlands, 1977.

22- J.A. Bond, ***Review of the the toxicology of styrene***, CRC Crit. Rev. Toxicol. 19 (1989) 227-246.

23- European Center for Ecotoxicology and Toxicology of .Chemicals Technical, Report No. 52, Brussels, 1993.

24- **Are Styrene Food and Beverage Containers A Health Hazard**, Institute for Local Self-Reliance, Washington, DC, August 15, 1990.

25- M.G. Melian, E.B. Torres, V. Diaz, ***Total Migration From Plastic Yoghurt Pots***, Revista Cubana de Hygiene y Epidemiologia, Sancti Spiritus, Cuba, Vol. 23, No. 4 (1985) 441-446.

26- WHO, IARC Report of Working Group on Vinyl Chloride Int. Techn. Report No.74/ 005, IARC, Lyon, 1974.

27- WHO, IARC Report of Working Group on Epidemiological Studies on Vinyl Chloride, Int. Techn. Report No.75/ 001, IARC, Lyon, 1975.

28- Commission of the European Communities, Directive 80/ 766/EEC Relating to Plastics Materials and Articles Intended to Come into Contact with Foodstuffs, 8 July 1980, 274.Brussels.

29- Commission of the European Communities, Directive 81/432/EEC Relating to Plastics Materials and Articles Intended to Come into Contact with Foodstuffs, Brussels, 29 April 1981.

30- L. Castle, D. Price, J.V. Dawkins, ***Oligomers in plastics packaging. Part 1: Migration tests for vinyl chloride tetramer***, Food Addit. Contam. 13(1996) 307-314.

31- C.T. Barkby and G. Lawson, ***Analysis of migrants from nylon 6 packaging films into boiling water***, Food Addit. Contam. 10 (1993)541-553.

32- L. Castle, A. Mayo, C. Crews, J. Gilbert, ***Migration of poly(ethyleneterephthalate) (PET) oligomers from PET Plastics into foods during microwave conventional cooking and into bottled beverages***, J. Food Prot. 52(1989) 337-342.

33- L. Castle and J. Gilbert, ***Migration From Food Contact Plastics***, Anal. Proc. 27 (1990) 237-239.

34- V. Komolprasert, W.A. Hargraves, D.J. Armstrong, ***Determination of benzene residues in recycled polyethylene terephthalate (PETE) by dynamic headspace-gas chromatography***, Food Addit. Contam. 11 (1994) 605-614.

35- S.M. Jickells, M.R. Phil, J. Gilbert, L. Castle, ***Gas chromatographic/mass spectrometric determination of benzene in nonstick cookware and microwave susceptors and its migration into foods on cooking***, J. Assoc. Off.Anal. Chem. Int. 76 (1993) 760-764.

36- L. Castle, S.M. Jickells, J. Gilbert, and N. Harrison , ***Migration testing of plastics and microwave-active materials for high-temperature food-use applications***, Food Addit. Contam. 7 (1990) 779-796.

37- S.M. Jickells, C. Crews, L. Castle, J. Gilbert, ***Headspace analysis of benzene in food contact materials and its migration into foods from plastics cookware***, Food, Addit. Contam. 7 (1990) 197-205.

38- S.J. Risch and J.H. Hotchkiss***, Food and Packaging Interactions II*** (ACS Symposium Series, No. 473), American Chemical Society, Washington, DC, 1991, p. 1.

39- O.W. Lau, S.K. Wong, K.S. Leung, ***Naphthalene contamination of sterilized milk drinks contained in low-density polyethylene bottles. Part 1,*** Analyst 119 (1994) 1037-1042.

40- K. Figge, ***Dependence of the migration out of mass plastics on the thickness and sampling of the material***, Food Addit. Contam. 5 (1988) 397-420.

41- A.S. Silva, J.M. Cruz, R.S. Gaecia, R. Franz, P.P. Losada, ***Kinetic migration studies from packaging films intomeat products***, Meat Sci. 77 (2007) 238-245.

42- O.W. Lau and S.K. Wong, ***The migration of plasticizers from cling film into food during microwave heating - effect of fat content and contact time***, Packag. Technol. Sci. 9 (1996) 19-27.

43- W. Limm and H.C. Hollifield, ***Effects of temperature and mixing on polymer adjuvant migration to corn oil and water***, Food Addit. Contam. 12 (1995) 609-624.

44- J. Crank, **Mathematics of Diffusion**, 2nd ed., Oxford Science Press, Oxford 1975.

45- A. Baner, J. Brandsch, R. Franz, O. Piringer, ***The application of a predictive migration model for evaluating the compliance of plastic materials with European food regulations***, Food Addit. Contam. 13 (1996) 587-601.

46- D.E. Till, R.C. Reid, P.S. Schwartz, K.R. Sidman, J.R. Valentine, R.H. Whelan, ***Plasticizer migration from polyvinyl chloride film to solvents and foods***, Food Chem. Toxic. 20 (1982) 95-104.

47- R. Franz, M. Huber, O. Piringer, ***Presentation and Experimental Verification of a Physico-Mathematical Model Describing the Migration across Functional Barrier Layers into Foodstuffs***, Food Addit. Contam. 14 (1997) 627-640.

48- http://www.fda.gov/

49- http://europa.eu/scadplus/leg/en/lvb/l21082a.htm